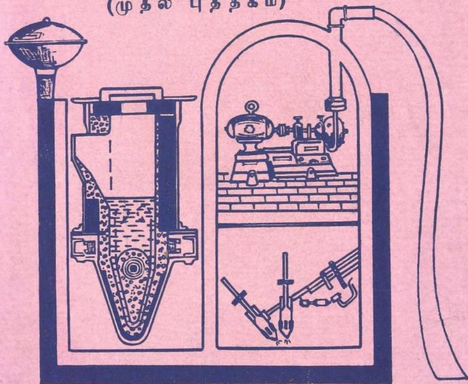
மின்னாற்றலின் பயன்

(UTILISATION OF ELECTRIC ENERGY)

(முதல் புத்தகம்)



எல். கே. இராமலிங்கம்



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—622

மின்னாற்றலின் பயன்

(முதல் புத்தகம்)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

எல். கே. இராமலிங்கம், பி.இ.,எம்.ஐ.இ.,

செயற் பொறியாளர் (மின்னியல் மற்றும் இயந்திரவியல்),
கண்காணிப்புப் பொறியாளர், தொழில்நுட்ப மின்னியல்
அலுவலகம், சென்னை.



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—April, 1975

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 622

UTILISATION OF ELECTRIC ENERGY (BOOK I)

L. K. RAMALINGAM

Price Rs. 13-35

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed by
ELANGOVAN PRINTERS,
23, Muthu Mudali Street,
Royapettah, Madras-600014.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்

(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

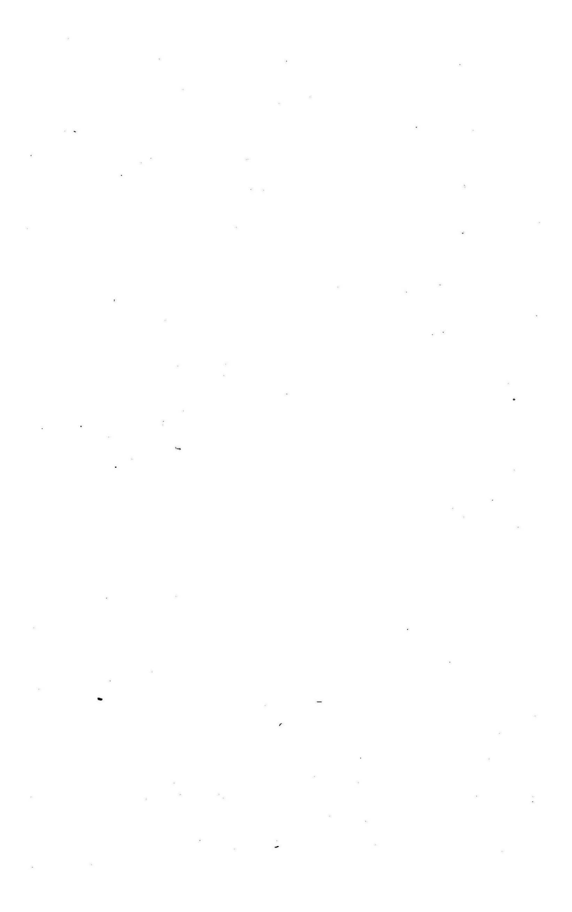
தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினைந்தாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பட்டப் படிப்பு வகுப்புவரை மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வருகின்றனர். 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளில் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்களுக்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகமும், சென்னைப் பல்கலைக் கழகமும் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், மெய்ப்பொருளியல், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல், சட்டம் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் மூல நூல்கள் மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'மின்னாற்றலின் பயன்' (முதல் புத்தகம்) என்ற இந்நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாட நூல் நிறுவனத்தின் 622 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 657 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூகநல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

தமிழில் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும் என்பதே நம் குறிக்கோளாகும். கல்லூரிகளிலும் பல்கலைக் கழகங்களிலும், கலையியற் பாடங்களையும், அறிவியற் பாடங்களையும், தொழில்நுட்ப அறிவுப் பாடங்களையும் பயிலுகின்ற மாணவர்கள், அவற்றைத் தமிழில் பயில வேண்டும் என்பதை வலியுறுத்தி வருவதற்குக் காரணம், தமிழறிவு வளர வேண்டும் என்பதைவிட, தமிழ் மக்களின் அறிவு ஆற்றல் எளிதாக, விரைவாக வளரவேண்டும் என்பதுதான். 'எதிலும் தமிழ் எங்கும் தமிழ்' என்ற குறிக்கோளை நிறைவேற்ற வேண்டிய கடப்பாடு, தமிழகத்து ஆசிரியப் பெருமக்களையும் மாணவர்களையும் சார்ந்ததாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்



பொருளடக்கம்

பக்கம்

1. மின் முறை ஓட்டு ... 1

1.1. தோற்றுவாய்; 1.2. ஓட்டுகளின் வகைகள்; 1.2.1. தொகுப்பு ஓட்டு; 1.2 2. தனிப்பட்ட ஓட்டு; 1.3. மோட்டார்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும் முறை; 1.3.1. மின் தருவியின் இயல்பு; 1.3.2. தொடக்கச் சிறப்பியல்புகள்; 1.3.2.1. நேர் மின்னோட்ட மோட்டாரினைத் தொடக்குதல்; 1.3.2.2. மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்; 1.3.2.3. இரட்டைக் கூடு தூண்டல் மோட்டார்; 1.3.2.4. ஒருந்தித் தூண்டல் மோட்டார்; 1.3.2.5. ஒத்தியங்கு மோட்டார்; 1.3.3. ஓடும் முறையின் சிறப்பியல்புகள்; 1.3.3.1. நேர் மின்னோட்டக் கிளைபுல மோட்டார்; 1.3.3.2. தொடர் புல மோட்டார்; 1.3.3.3. கூட்டுப் புல மோட்டார்; 1.3.3.4. மூவுந்தித் தூண்டல் மோட்டார்; 1.3.3.5. மூவுந்தித் தொடர் நிலை மோட்டார்; 1.3 3.6. சிரேகி மோட்டார் (Schrage Motor); 1.3.3.7. ஒத்தியங்கு மோட்டார்; 1.3.3 8. ஒருந்தித் தொடர்நிலை மோட்டார்; 1.3 3.9. ஒருந்தித் தூண்டல் மோட்டார்; 1.3.3.10. விலக்கு மோட்டார்; 1.3.4. வேகக் கட்டுப்பாடு; 1.3.4.1. நேர் மின்னோட்டக் கிளைபுல மோட்டாரின் வேகக் கட்டுப்பாடு; 1.3.4.2. வார்டு-லியோனார்டு கட்டுப்பாடு (Ward-Leonard Control); 1.3.4.3. நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் வேகக் கட்டுப்பாடு; 1.3.4.4. தூண்டல் மோட்டார்களின் வேகக் கட்டுப்பாடு; 1.3.5. மின் முறை நிறுத்தி; 1.3.5.1. செருகல்; 1.3.5.2. தடைமாற்றி நிறுத்தி; 1.3.5.3. மீள் ஆக்க நிறுத்தி; 1.3.6. மின்பொறி அமைப்பின் தனிச் சிறப்புகள்; 1.3.7. படித்தர திட்ட வரைகள்; 1.3.8. வெப்ப நேர வளைகோடு; 1.3:9. குளிர்வு நேர வளைகோடு; 1.3.10. இடைவிட்டு நிகழ்கிற மின் சுமைகளினால் ஏற்படும் பெரும் வெப்ப நிலை; 1.3 11. வேக நேரத் தொடர்பு;

பக்கம்

1.3.12. சுமைச் சமன்படுத்துதல்; 1.3.13. அடக்க விலை; 1.3.14. குறிப்பிட்ட பணிகளுக்குத் தேவைப்படும் மோட்டார்கள்; 1.4. வினாக்கள்; 1.5. பயிற்சிகள்.

2. மின் முறை இழுப்பு ... 193

2.1. இழுப்பு முறைகள்; 2.1.1. நீராவி இயந்திர ஓட்டு; 2.1.2. உட்தகன இயந்திர ஓட்டு; 2.1.3. மின் ஓட்டு; 2.2. மின் முறை இழுப்பு அமைப்புகளின் வகைகள்; 2.3. வேக நேர வளைகோடு; 2.3.1. சுருக்கிய வேக நேர வளைகோடு; 2.3.2. டிரபீசிய வேக நேர வளை கோடு; 2.3.3. நாற்கர வேக நேர வளைகோடு; 2.4. இழுப்பு முயற்சி; 2.4.1. இரயில் வண்டியின் முடுக்கத்திற்கான இழுப்பு முயற்சி; 2.4.2. புவி ஈர்ப்பு விசையின் விளைவைச் சரியீடு செய்யத் தேவையான இழுப்பு முயற்சி; 2.4.3. உராய்வுத் தடையினால் ஏற்படும் எதிர்விசைக்குச் சரியீடான இழுப்பு முயற்சி; 2.4.4. மின்னாற்றல் செலவு; 2.4.4.1. மின்னாற்றல் செலவு எண்: 2.4.4.2. ஆற்றல் செலவின் விளைவுடைமைக்கான காரணங்கள்; 2.4.4.3. ஆற்றல் செலவைப் பாதிக்கக் கூடிய காரணங்கள்; 2.5. இரயில் வண்டி இயக்கத்தின் இயந்திர நுட்பம்; 2.5.1. ஓட்டுதலின் குணகம்; 2.6. இழுப்பு மோட்டார்களுக்கான சிறப்பியல்புகள்; 2.7. இழுப்பு மோட்டார்கள்; 2.8. மின்முறை இழுப்பு மோட்டாரின் கட்டுப்பாடு; 2.8.2. மின்முறை இழுப்பு மோட்டார்களைத் தொடர் இணை முறையில் தொடக்குதல்; 2.8.2.1. தொடர் இணை முறையில் இரண்டு மோட்டார்களைத் தொடக்குவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் நடவடிக்கைகள்; 2.8.2.2. தொடர் இணைத்தொடக்கியின் மேன்மைகள், 2.8.3. நிலை மாறும் அமைப்பு; 2.8.3.1. திறந்த சுற்றதர் நிலைமாறும் முறை; 2.8.3.2. கிளை வழி நிலைமாறும் முறை; 2.8.3.3. சமனி நிலை மாறும் முறை; 2.8.4. பல் பெட்டிகள் அடங்கிய

பக்கம்

தனித் தொகுப்புக் கட்டுப்பாடு; 2.8.5. மெடாடைன் வேகக் கட்டுப்பாடு; 2.8.6. உருளை வகைக்கட்டுப்படுத்தி; 2.8.7. 1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட இரயில் வண்டியின் மின் திறன் அமைப்பிலுள்ள சமனி நிலைமாறு முறையில் தொடர் இணைக் கட்டுப்பாடு; 2.8.8. புல வலிமையினைக் குறைத்தல்; 2.8.9. 1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட மின்திறன் சுற்றதர்; 2.8.10. இரயில் வண்டி முடுக்கமடையும் விதம்; 2.8.11. மாறுதிசை மின்னோட்ட ஒருந்தித் தொடர்நிலை மோட்டாரின் கட்டுப்பாடு; 2.8.12. 25 கிலோ வோல்ட்டு மாறுதிசை ஒருந்தி மின்னோட்ட மின்திறன் சுற்றதர்கள்; 2.9. வண்டிச் சக்கரங்களை ஒழுங்குபடுத்துதலும் செலுத்தல் ஓட்டமும்; 2.9.1. வண்டிச் சக்கரங்களை ஒழுங்கு படுத்துதல்; 2.9.2. செலுத்தல் ஓட்டம்; 2.10. மின் நிறுத்தம்; 2.10.1. இழுப்புப் பணிக்கான மின் தடை மாற்றி; 2.10.2. 1. தொடர்புல நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்களுக்குப் பயன்படுத்தப் படும் மீள் ஆக்க நிறுத்தி; 2.10.2.2. மாறுதிசை இழுப்பு மோட்டார்களுக்கான மீளாக்க நிறுத்தி; 2.10.2.3. மீள் ஆக்க நிறுத்தியின் மேன்மைகள்; 2.10.2.4. மீள் ஆக்க நிறுத்தியின் குறைகள்; 2.10.3.1. இயந்திரவியல் மீளாக்க நிறுத்தி; 2.10.3.2. மீளாக்க நிறுத்தலின்போழ்து மின் தருவிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின் னுற்றலளவினைக் கணக்கிடுதல்; 2.10.4. பொறி நிறுத்தி; 2.11. மின்திறன் தருவி அமைப்பு; 2.12. எதிர் நிரப்பிகள்; 2.13. நிரப்பு மின் மாற்றி; 2.14. மின்னோட்டத் திரட்டல் அமைப்பு; 2.15. துணை மின் நிலையங்களுக்கு மின்னூட்டமளிக்கும் செலுத்தத் தொடர் கம்பிகள்; 2.16. இழுப்புப் பணிக்கான துணை மின் நிலையங்கள்; 2.16.1. மின்னூட்டமும் மின் பகிர்வு முறைகளும்; 2.17. மின்னூர்திக் கம்பியின் தொய்வினையும் இழு விசையினையும் கணக்கிடல்; 2.18. இரயில் வண்டி ஒளியூட்டம்; 2.18.1. ஒற்றைத்திசை முனைமை கிடைக்கும்

பக்கம்

முறை; 2.18.2. மாறுபடும் வேகங்களில் மாறு நிலையான வெளிப்பாட்டினைப் பெறும்முறை; 2.18.3. ரோசென்பெர்க் மின்தோற்றி; 2.18.4. இரயில் வண்டி ஒளியூட்ட அமைப்பு; வினாக்கள் பயிற்சிகள்.

3. மின் பகுப்பு முறைகள் ... 418

3.1. அணுவின் அமைப்பும்; 3.2. இணை திறனும் எலெக்ட்ரான் அமைப்பும்; 3.2.1. அயனிப் பிணைப்பு முறை; 3.2.2. சமவலுப் பிணைப்பு முறை; 3.3. மின் கடத்தல்; 3.4. அயனியாதல்; 3.5. ஃபாரடேயின் மின் பகுப்பு விதிகள்; 3.5.1. முதல் விதி; 3.5.2. இரண்டாம் விதி; 3.5.3. ஃபாரடேயின் மாறிலி; 3.6. படிவங்களின் பண்புகளைப் பற்றிய காரணக் கூறுகள்; 3.6.1. வீச்சுத்திறன்; 3.6.2. சேர்ப்பு இயக்கிகள்; 3.6.3. தொட்டிகளைச் சூடாக்கல்; 3.6.4. தள விளைவு; 3.7. வரை விலக்கணங்கள்; 3.7.1. மின்னேட்டப் பயனுறு திறன்; 3.7.2. மின்னழுத்தம்; 3.7.3. மின்னாற்றல் பயனுறு திறன்; 3.8. தொழிலியலில் மின்பகுப்பின் பயன்கள்; 3.8.1. உலோகங்களைப் பிரித்தெடுத்தல்; 3.8.2. உலோகங்களைத் தூய்மைப் படுத்துதல்; 3.8.3. வேதியியல் பொருள்களை உண்டாக்கல்; 3.8.4. பூச்சுக் காப்பிடுதல், (அனோடைசிங்); 3.8.5. மின்முறை மெருகூட்டல்; 3.8.6. மின்முறைத் துலக்கம்; 3.8.7. மின் முறையில் உரித்தெடுத்தகற்றல்; 3.8.8. மின் முறையில் உலோகங்களைப் படிய வைத்தல்; 3.9. முலாம் பூசுவதற்கான தயாரிப்பு வேலை; 3.9.1. தாமிர முலாம் பூசுதல்; 3.9.2. வெள்ளி முலாம் பூசுதல்; 3.9.3. தங்க முலாம் பூசுதல்; 3.9.4. நிக்கல் முலாம் பூசுதல்; 3.9.5. துத்தநாக முலாம் பூசுதல்; 3.9.6. குரோமிய முலாம் பூசுதல்; 3.10. மின் பகுப்பு முறைக்கான மின் திறன் தருவி. வினாக்கள்; பயிற்சிகள்.

1. மின்முறை ஓட்டு
(ELECTRIC DRIVE)

1-1. தோற்றுவாய்

தொழிற்சாலைகள், பணிமனைகள், வாணிகத்துறைகள் போன்ற இடங்களில் உள்ள இயந்திரப் பொறிகளை (machines) இயக்குவதற்கு ஆற்றல் தேவை. இந்த ஆற்றலை ஏதேனும் ஒருவகை பொறியமைப்பின் மூலம் சுழற்சி ஆற்றலாக (rotational energy) மாற்றி இயந்திரப்பொறிக்கு அளித்தால், இயந்திரப்பொறி இச் சுழற்சி ஆற்றலை அரைப்பு (milling), துளையிடுதல் (drilling) போன்ற பணிகளுக்குகந்தவாறு மாற்றியமைக்கிறது. இத்தகைய இயங்கு ஆற்றலை அளிக்கவல்ல ஒரு பொறியமைவையே ஓட்டு (drive) என்கிறோம். இயந்திரப்பொறியினை ஓட்டுவிப்பதற்கு இவ்வமைப்பு காரணமாய் இருப்பதால், இதனை 'ஓட்டு' எனக் குறிப்பிடுவது சாலப் பொருந்தும்.

தற்சமயத்தில் எல்லாத் தொழிற்சாலைகளிலும் மின்முறை ஓட்டினைப் பயன்படுத்திப் பல்வேறு வகையான இயந்திரப்பொறிகள் இயக்குவிக்கப்படுகின்றன. வழக்கத்தில் உள்ள மற்ற வகை ஓட்டுகளைக் காட்டிலும், இம் மின்முறை ஓட்டு கீழ்க்கண்ட சிறப்புகளைப் பெற்றிருப்பதே இதற்குக் காரணம் :

(i) இது மிகவும் சிக்கனமானது.

(ii) எரிபொருளைப் பயன்படுத்தாததனால், புகை, புழுதி போன்றவை படியாது. எனவே, தூய்மையாயிருக்கும்.

(iii) பேரொலி எழுப்பாது.

(vi) எளிதில் மேற்கொள்ளத் தக்கது.

(v) சுலபமாகக் கட்டுப்படுத்தலாம். தொலைவுக் கட்டுப்பாட்டிற்கும் (remote control) உகந்தது.

(vi) மிகக் குறைந்த பராமரிப்பு(maintenance)மட்டுமே தேவை.

(vii) நம்பிக்கையானது. நீடித்து உழைக்கும் தன்மை வாய்ந்தது.

(viii) சுலபமாகத் தொடங்கிவைக்கலாம் (easy starting). தேவைக்கேற்ப இயக்கச் சிறப்பியல்புகளை(operating characteristics) எளிதில் மாற்றியமைத்துக் கொள்ளலாம்.

குறைகள்

(i) மின்னோட்டம் இல்லாது போனால், இயந்திரப்பொறிகள் இயங்கா.

(ii) மின்தருவி (electric supply) இல்லாத இடங்களில் இம்முறை பயன்படாது.

1-2. ஓட்டுகளின் வகைகள்

இயந்திரப்பொறிகளை இருவகைகளில் ஓட்டுவிக்கலாம். ஒன்று 'தொகுப்பு ஓட்டு' (group drive); மற்றொன்று 'தனிப்பட்ட ஓட்டு' (individual drive). ஓர் ஆலையில் மிக அதிகமான மின்திறன் கொண்ட மோட்டார் ஒன்றின் துணைகொண்டு இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இயந்திரப்பொறிகளை ஒரே சமயத்தில் இயக்குவித்தால், அதற்குத் தொகுப்பு ஓட்டு என்று பெயர். மாறாக, ஒவ்வோர் இயந்திரப்பொறியோடு ஒரு மோட்டாரினைப் பொருத்தி, அம் மோட்டாரினை இயக்குவித்தால் அதற்குத் தனிப்பட்ட ஓட்டு என்று பெயர்.

1-2·1. தொகுப்பு ஓட்டு (Group drive)

இம் முறையில் அதிக மின்திறன் கொண்ட ஒரு மோட்டார், பணிமனையின் ஒரு முனையிலிருந்து மறு முனைவரை நீண்டிருக்கும் தலைமிசைச் சுழல்அச்சு (overhead shaft) என்று சொல்லப்படும் தலையாய அச்சினை (main shaft) இயக்குவிக்கிறது. இத் தலையாய சுழல் அச்சு இடைச்சுழல் அச்சினை (counter shaft) ஓட்டுவிக்கின்றது. பிறகு இந்த இடைச்சுழல் அச்சு இயந்திரப்பொறியின் சுழல் தண்டினை இயக்குவிக்கிறது. இயந்திரப்பொறியினைத் தொடங்கி வைப்பதற்கும், நிறுத்துவதற்கும் தேவையான இறுக்கமும் தளர்ச்சியும் வாய்ந்த கப்பிகள் (pulleys) இடைச்சுழல் அச்சுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தலையாய அச்சிலிருந்து இயங்கு ஆற்றலினால் ஏற்படும் இயக்கம் (motion) இயந்திரப்பொறிக்குப் பட்டைகள்

(belts), கப்பிகள் (pulleys) ஆகியவைவற்றின் மூலம் செலுத்தப்படு கின்றது.

டீசல் பொறி (diesel engine), நீராவிப்பொறி போன்றவற்றை முதன்மை-இயக்கிகளாகப் (prime-movers) பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள இடங்களில், மின்முறைத் தொகுப்பு ஓட்டினை எளிதாகவும், சிக்கனமாகவும் அமைக்கலாம். ஏனெனில், இயந்திர ஆலையில் உள்ள மின்முறையற்ற முதன்மை-இயக்கியை மட்டும் நீக்கி, அதற்குப் பதிலாக, அதே அளவு திறன்கொண்ட மின்மோட்டார் ஒன்றினைப் பொருத்திஞல் போதுமானது. மேலும், அந்த ஆலையில் ஏற்கெனவே அமைக்கப்பட்டுள்ள தலையாய சுழல் அச்சு, இடைச்சுழல் அச்சு, இயந்திரப்பொறிகள், கப்பிகள், பட்டைகள் போன்றவற்றையே எவ்வித மாற்றமுமின்றி அப்படியே பயன் படுத்திக் கொள்ளலாம்.

மேன்மைகள்

(i) இம் முறையில் அமைக்கப்பட்ட ஒரு தொழிற்சாலைக்கு ஆகும் தொடக்கச் செலவு மிகக் குறைவு. ஏனெனில், மிகையான குதிரைத்திறன் (horse power) கொண்ட ஒரு மோட்டாரின் விலை, அதற்கு நிகரான குறைந்த அளவு குதிரைத் திறன் கொண்ட பல மோட்டார்களின் மொத்த விலையைக் காட்டிலும் மிகக் குறைவு. ஒரு தொழிற்சாலைக்குத் தேவையான குதிரைத்திறன் 50 என வைத்துக் கொள்வோமாஞல், ஒரு 50 H.P. மேட்டாரின் விலை, பத்து 5 H.P. மோட்டார்களின் விலையைவிட மிகக் குறைவாக இருக்கும். மேலும், எல்லா இயந்திரப்பொறிகளையும் ஒரே சமயத்தில் முழுச் சுமையுடன் (full load) இயக்கவேண்டிய அவசியமுமிராது. தனிப்பட்ட ஓட்டு முறையில் பத்து 5 H.P. மோட்டார்கள் தனித்தனியே இயக்கு வதற்குத் தேவைப்பட்டாலும், எல்லா மோட்டார்களையும் ஒரே சமயத்தில் பயன்படுத்தப் போவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, பத்து மோட்டார்களில், எட்டு 5 H.P. மோட்டார்கள்தாம் ஒரே சமயத்தில் இயக்குவதாகக் கொண்டால், ஒரு 50 H.P. மோட்டா ருக்குப் பதிலாக 40 H.P. மோட்டார் ஒன்றே போதுமானது. இதனுலும் தொடக்கச் செலவு குறைகிறது.

(ii) தொகுப்பு ஓட்டு முறையில் உள்ள மோட்டார் அதிக மின்சுமையைத் தாங்கும் தன்மையுடையது. எடுத்துக்காட்டாக, தனிப்பட்ட ஓட்டு முறையில் இயங்கும் ஒரு 5 H.P. மோட்டார் 100 சதவீதம் அதிகமான மின்சுமையைத் தாங்குவதாக வைத்துக் கொள்வோம். இந்த அளவு அதிகமான சுமை, தொகுப்பு ஓட்டு முறையில் அமைக்கப்பட்ட 50 H.P. கொண்ட தலையாய

மோட்டாரின்மீது சுமத்தினல், 50 H.P. மோட்டாரில் ஏற்படும் மிகைச் சுமையின் (overload) அளவு 10 சதவீதமே இருக்கும். ஆகவே, எங்கெங்கே தனிப்பட்ட இயந்திரப்பொறிகளின் சுமை குறுகிய கால இடைவெளியில் ஏறியிறங்குந் தன்மை வாய்ந்ததாயிருக்கிறதோ, அந்த அந்த இடங்களில் தொகுப்பு ஓட்டு முறையினைப் பயன்படுத்தலாம்.

(iii) நெசவு ஆலைகள் (textile mills) போன்ற இடங்களில் ஏதேனும் ஓர் இயந்திரப்பொறியின் இயக்கம் தடைப்பட்டால், இடையரு வரிசை முறையில் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டுள்ள மற்ற இயந்திரப்பொறிகளும் தடைப்பட்டு நிறுத்தப்படுகின்றன. இப்படிப்பட்ட தொடர் வரிசை இயக்கங்கள் (sequence of operations) கொண்ட ஆலைகளில் தொகுப்பு ஓட்டு முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

குறைகள்

(i) இந்த அமைப்பில் உள்ள தலையாய சுழல் அச்சு, இடைச் சுழல் அச்சு, கப்பிகள், பட்டைகள் ஆகியவற்றை இயக்குவிக்க அதிகமான மின்னாற்றல் வீணுவதால், இந்த முறையின் பயனுறுதிறன் (efficiency) மிகக் குறைவு.

(ii) தலையாய மோட்டாரில் ஏதேனும் பழுது ஏற்பட்டால் எல்லா இயந்திரப்பொறிகளும் இயங்கா.

(iii) ஏதேனும் ஒரே ஓர் இயந்திரப்பொறியினை மட்டும் இயக்க வேண்டுமானல், தலையாய சுழல் அச்சு, இடைச்சுழல் அச்சு ஆகியவற்றையும் ஓட்டுவிக்க வேண்டியுள்ளது. இதனல் அதிக மின்னாற்றல் செல்மானம் (energy consumption) குறைந்த அளவு திறன் கொண்ட இயந்திரப்பொறியினை இயக்கும்பொழுது உண்டாகிறது.

(iv) எல்லா இயந்திரப்பொறிகளும், இடைச்சுழல் அச்சு, தலையாய அச்சு ஆகியவற்றுடன் பட்டைகள், கப்பிகள்மூலம் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், அலங்கோலமான காட்சியினை அளிப்பதுடன், அசுத்தமாகவும் இருக்கிறது. மேலும், விபத்துகள் ஏற்படுவதற்கான வாய்ப்புகள் இம் முறையில் உண்டு.

(v) ஏதேனும் ஓர் இடத்தில் உள்ள இணைப்புப்பட்டை அறுபட்டால், மின்தொடர்பு, நீண்டநேரம் இல்லாமலிருப்பதுடன் அப் பட்டையினைப் புதுப்பிக்க அதிக நேரமும் ஆகும்.

(vi) இம் முறையில் எல்லா இயந்திரப்பொறிகளும் ஒரே சமயத்தில் இயக்கப்படுவதால், ஏதேனும் ஓர் இயந்திரப்பொறியின் வேகத்தினை (speed) தேவைப்படும்பொழுது குறைத்தோ அல்லது கூட்டியோ, அவசியமில்லாதபொழுது தடுத்து நிறுத்தவோ முடியாது. அதாவது தனிப்பட்ட இயந்திரப் பொறியினுக்கு நம் விருப்பப்படி வேக மாறுபாட்டினைச் செய்வது முடியாது.

(vii) இந்த அமைப்பு உள்ள இடங்களில், தலைமிசைப் பாரந்தூக்கும் பொறியினை அமைக்க வேண்டிய நிலைமை ஏற்பட்டாலும், அதனைப் பொருத்துவது இயலாத காரியமாகும்.

(viii) இந்த வகையில் அமைக்கப்படும் மனைப்பிரிவு (layout) கடினமானது.

1-2·2. தனிப்பட்ட ஒட்டு

இதனைத் தன்னுள் அமைந்த (self contained) ஒட்டு எனவும் கூறலாம். இம் முறையில் ஒவ்வோர் இயந்திரப்பொறியுடன், தொடக்கியுடன் (starter) கூடிய ஒரு மோட்டார் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது மோட்டார் இயந்திரப் பொறியினை, நேரிடை இணைப்பினாலோ (direct coupling) அல்லது இணைப்புப் பட்டை (belt) மூலமாகவோ இயக்குவிக்கிறது.

மேன்மைகள்

(i) இயந்திரப்பொறியினைத் தனிப்பட்ட முறையில் கட்டுப்படுத்த முடிகிறது. இதனால் வேண்டும்பொழுது மோட்டாரின் வேகத்தினை மாற்றவோ, தேவையில்லாதபொழுது அதனைத் தடுத்து நிறுத்தவோ செய்யமுடிகிறது. இங்ஙனம் செய்வதால் மோட்டார் சுமையின்றி (no load) இயங்கும்பொழுது ஏற்படும் சுமையற்ற மின் இழப்புகள் (no load losses) இல்லாமல் தவிர்க்கப்படுகிறது.

(ii) ஏதேனும் ஒரு மோட்டாரில் சேதம் ஏற்பட்டாலோ அல்லது அது இயங்காமல் நின்றுவிட்டாலோ, மற்ற இயந்திரப் பொறிகளின் இயக்கங்கள் இதனால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. தொழிற்சாலையின் உற்பத்தித்திறனும் அவ்வளவாகப் பாதிக்காது.

(iii) வேண்டிய இடத்தில் இயந்திரப்பொறியினை அமைத்துக் கொள்ளலாம். தேவையான இடத்திற்குக்கூட நகர்த்திச் செல்லலாம். இங்ஙனம் எளிதில் மேற்கொள்ளத் தக்க தன்மை இம் முறையின் சிறப்பாகும்.

(iv) மோட்டாரையும் அதனைக் கட்டுப்படுத்தும் துணைப்பகுதிகளையும் ஒருங்கு சேர்த்து, இயந்திரப்பொறியுடன் பொருத்தி, முழு அமைப்பாக இருக்கும்படி செய்தால், இப் பொறி அமைப்பு பார்வைக்கு அழகாகவும், தூய்மையாகவும் இருக்கும். இஃது இடையூறில்லாத பாதுகாப்பான நிலைமையினை அளிக்கிறது.

(v) மின்னாற்றல் செல்மானம் குறைவு.

(vi) நேரிடை இணைப்பு மோட்டார் இயந்திரப்பொறியோடு வரிப்பள்ளங்கள் கொண்ட கப்பிகள் (grooved pulleys) மூலமாகவும், 'V' வடிவ பட்டைகள் மூலமாகவும் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், அறுபட்ட பட்டையினைப் புதுப்பிக்க எடுத்துக்கொள்ளப்படும் நேரம் மிகக் குறைவே.

(vii) இம் முறையில் அமைக்கப்படும் மனைப்பிரிவு (layout) எளிதானது.

இம் முறையிலுள்ள ஒரே ஒரு குறை என்னவெனில், இந்த அமைப்புக்கு ஆகும் தொடக்கச் செலவு மிக அதிகம். எனினும், இம் முறையில் மேற்கொள்ளப்பட்டு வரும் நூதன செயல்முறைகளினாலும், நவீனத் தொழில் நுட்பத்தினாலும், நீண்டு உழைக்குந் தன்மையாலும், மேற்குறித்த நன்மைகளைப் பெற்றிருப்பதனாலும் எல்லாத் தொழிலகங்கள், பணிமனைகள் ஆகியவற்றிலும் இம் முறை பெரிதும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது.

1-3. மோட்டார்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும் முறை

பல்வேறு வகையான தொழிலகங்களில், வெவ்வேறு பணிகளுக்கும் தக்கவாறு பல்வகையான மோட்டார்கள் தேவைப்படுகின்றன. எந்தெந்தப் பணிக்கு எவ்வெவ்வகையான மோட்டாரைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம் என்று ஆராய்ந்தறிந்து சொல்வதற்குப் பொறியியல் வல்லுநரின் அறிவும், அனுபவமும் பெரிதும் தேவைப்படுகின்றன. கொடுக்கப்பட்ட ஒரு பணிக்கு எத் தன்மையான நிலைமைகளில் மோட்டாரை இயக்க வேண்டும், எவ்வளவு சுமையை அது தாங்கவேண்டும் என்பன போன்றவற்றை நன்கு ஆராய்ந்த பின்பு, அப் பணிக்குத் தேவையான மோட்டாரைத் தேர்ந்தெடுப்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட விவரங்களைப் பொதுவாகக் கவனத்தில் வைத்துக் கொள்ள வேண்டும் :

(i) மின் தருவியின் இயல்பு (Nature of Electric Supply): மோட்டாருக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின்னோட்டம் நேர் மின்னோட்டமா (D.C.) அல்லது மாறுதிசை மின்னோட்

டமா (A.C.) என்பதை முதலில் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும்.

(ii) மின் சிறப்பியல்புகள் (Electrical Characteristics):

(அ) தொடங்கிவைக்கும் (starting) முறையின் சிறப்பியல்புகள்.

(ஆ) ஓடும் (running) முறையின் சிறப்பியல்புகள்.

(இ) வேகக் கட்டுப்பாடு (speed control).

(ஈ) நிறுத்தல் (braking).

(iii) பொறி சிறப்பியல்புகள் (Mechanical Characteristics):

(அ) அடைப்புகளின் வகைகள் (type of enclosures).

(ஆ) தாங்கிகளின் வகைகள் (types of bearings).

(இ) திறன் கடத்தப்படும் முறை (method of transmission of power).

(ஈ) இரைச்சல் (noise).

(உ) குளிர்ச்சி (cooling).

(iv) மோட்டாரின் உருவளவும் (size) திட்ட வரையும் (rating):

(அ) தொடர்ச்சியாக ஓடும் (continuous running) மோட்டார் இடையே விட்டு விட்டு (intermittent running) ஓடும் மோட்டார் அல்லது மாறுபாடுடைய சுமைச் சுழற்சியைத் (variable load cycle) தாங்கும் மோட்டார்.

(ஆ) மிகைச் சுமை கொள்திறன் (over load capacity).

(v) அடக்க விலை (cost) :

(அ) முதலீடு (capital).

(ஆ) நடப்புச் செலவீடு (running cost).

எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட பணிக்குத் தகுந்ததும் சரியானதுமான ஒரு மோட்டாரைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் மேற்குறித்த பல விதக் காரணக் கூறுகளை முதலில் விளக்கமாக நன்கு அறிந்துகொள்ள வேண்டும். அப்படி ஆராய்ந்தறிவதில் ஏற்படும்

சிக்கலான பிரச்சினை என்னவெனில், மோட்டாரின் இயந்திர வெளிப்பாட்டிற்குகந்தவாறு (mechanical output) சுமையின் தேவைகளைச் சரியாக அமைப்பதே. அதாவது சுமையின் தேவைக்கேற்ப மோட்டாரின் வேகத் திருத்தச் சிறப்பியல்புகள் அமைவது அரிது. அப்படி தனிச் சிறப்பு முறையில் மோட்டாரைச் செய்தால் அதன் விலை மிக அதிகமாக இருக்கும். இதனுல் விலை குறைவாய் உள்ளதாயும், கிட்டத்தட்ட சுமையின் தேவைக்கு உகந்த வேகச் சிறப்பியல்புகள் பொருந்தியதாயும் உள்ள வேருெரு மோட்டாரைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டியுள்ளது. அங்ஙனம் செய்யும்பொழுது பொறியியல் வல்லுநரின் நுண்ணறிவும், ஆழ்ந்த அனுபவமும் தேவை. மேலே குறிப்பிட்ட காரணக் கூறுகளைச் சிறிது விளக்கமாக ஈண்டு ஆராய்வோம்.

1-3·1. மின் தருவியின் இயல்பு

மாறுதிசை மின்னேட்டமுள்ள இடங்களில், மாறுதிசை மின்னேட்ட மோட்டார்களே பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வகையான மோட்டார்களின் அமைப்புக்குத் தேவையான பகுதிகள் மிகக் குறைவு. இதிலும் முக்கியத் தேவைக்கான அவசியமான சில பகுதிகளை வாங்கிச் சேகரித்து வைப்பதில் ஏற்படும் செலவும் குறைகிறது. கண்காணிப்புச் செலவும் குறைவு. அணில்-கூடு தூண்டல் மோட்டாரின் (squirrel cage induction motor) அமைப்பு எளிமையானது. நல்லுறுதி மிக்கது (robust). நிலையான வேகம் தேவைப்படும் இடங்களில் இதனைப் பயன் படுத்துவர்.

மாருக நேர் மின்னேட்ட மோட்டார்கள் மின் முறை இழுப்பு, (electric traction), உருள் ஆலைகள் (rolling mills), பாரந் தூக்கி (cranes) போன்ற பணிகளுக்கு மிகவும் உகந்தவை. தவிர நேர் மின்னேட்ட அமைப்பானது, மின்கல அடுக்கிற்கு மின்னேற்றம் கொடுத்தல் (battery charging), மின்பற்றவைப்பு (electric welding), மின் முலாம் பூசுதல் (electro plating) போன்ற பணிகளுக்கும் அத்தியாவசியமானது. எனவே, நேர் மின்னேட்ட வசதியுள்ள இடங்களில் நேர் மின்னேட்ட மோட்டார்களையே பயன்படுத்தலாம். இந்த மோட்டார்களில் உள்ள திசைமாற்றி (commutator) மின் எடுப்பி அல்லது புருசு (brush) ஆகிய அமைப்புகள் தொல்லை விளைவிக்கக்கூடியவை.

1-3·2. தொடுக்கச் சிறப்பியல்புகள்

சுழலாத நிலையில் இருக்கும் மோட்டாருக்கும் அதன் சுமைக்கும் (load) முடுக்கந்தந்து (accelerate) குறுகிய காலத்தில் அதன்

திட்டவரை வேகத்திற்குக் கொணரத் தேவையான தொடக்கத் திருக்கத்தின் (starting torque) அளவு மிக அதிகமாகும். அதாவது ஒரு மோட்டாரைத் தொடங்கவைக்கும்பொழுது இரு திருக்கங்கள் தேவைப்படுகின்றன. ஒன்று நிலேத்த உராய்விற்கு (static friction) ஈடுகொடுக்க வேண்டும். மற்ளுென்று, மோட்டாருக்கும் அதனுடைய சுமைக்கும் முடுக்கம் கொடுத்து, வேண்டிய வேகத்திற்குக் கொணர வேண்டும். நிலேத்த உராய்வின் அளவினே எளிதில் கண்டறிய முடியாது. ஆனல், முடுக்கத்திற்குத் தேவையான திருக்கம், சுமைத் திருக்கத்தைச் சார்ந்திருக்கும்.

மைய விலகு இறைப்பி (centrifugal pump) மாவு அரைக்கும் ஆலேகளில் உள்ள மின் விசிறி போன்றவற்றில் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கச் சுமைத் திருக்கமும் அதிகமாகிறது. ஆனல் பளுதூக்கி (hoist), தூக்கும் பொறி (lift) போன்றவற்றிற்குச் சுமைத் திருக்கம் எல்லா வேகங்களிலும் நிலேயானதாக இருக்க வேண்டும்.

நேர் மின்னேட்ட மோட்டாரின் திருக்கம் (torque)

$$T = \frac{1}{2\pi} \frac{\phi Z I_a P}{A} \text{ நியூட்டன்—மீட்டர்கள் } \quad \ldots (1\text{-}1)$$

$$= 0{\cdot}159 \frac{\phi Z I_a P}{A} \text{ நியூட்டன்—மீட்டர்கள் } \quad \ldots (1\text{-}1\text{-அ})$$

அல்லது $T = 0{\cdot}0162 \frac{\phi Z I_a P}{A}$ கிலோகிராம்—மீட்டர்கள் ... (1-2)

இதில் ϕ என்பது ஒரு காந்த முனேயில் (pole) உண்டாகும் காந்தப் பாய்வு (magnetic flux) (அலகு : வெபர்கள்).

Z என்பது மின்னகக் கடத்திகளின் எண்ணிக்கை (armature conductors).

I_a என்பது மின்னகத்தில் (armature) பாயும் மின்னேட்டம் (அலகு : ஆம்பியர்கள்)

P என்பது காந்த முனேகளின் எண்ணிக்கை.

A என்பது மின்னகச் சுற்றில் உள்ள இணே நிலேயில் உள்ள பாதைகள் (parallel paths).

T என்பது திருக்கம். (அலகு : நியூட்டன்—மீட்டர் அல்லது கிலோகிராம்—மீட்டர்).

இப்படிக் கிடைக்கும் மோட்டாரின் திருக்கம் முழுவதும் பயன்படும் பணிகளுக்குப் பயன்படுவதில்லை. ஏனெனில், இத் திருக்கத்தின் சிறு பகுதி இயந்திரச் சுழலின் உராய்வினாலும், காற்று உராய்வு (windage) விசையினாலும் வீணாக்கப்படுகின்றது. எனவே, முழுமைத் திருக்கத்திற்கும், உராய்வுத் திருக்கத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசமே சுழல் தண்டுத் திருக்கம் (shaft torque) எனப்படும்.

'w' என்பது மோட்டாரின் கோண வேகம் (angular speed) என வைத்துக் கொண்டால், மின்னகத்தில் உண்டாகும் மின் திறனின் அளவு $= wT_g$ நியூட்டன்-மீட்டர் அல்லது வாட்டுகள்.

இதில் T_g என்பது முழு மொத்தத் (gross) திருக்கம்.

$$= \frac{2\pi\ NT_g}{60} \qquad \ldots \quad (1\text{-}3)$$

மின்னகத்தில் உண்டாகும் மின் திறனின் அளவு

$$= \frac{2\pi\ NT_g}{60 \times 735{\cdot}5} \qquad \ldots \quad (1\text{-}3\text{-அ})$$

இயக்கத்திறன் $= \dfrac{E_b \times I_a}{735{\cdot}5}$ குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்)... (1-4)

ஆகையால் $\dfrac{2\pi\ NT_g}{60 \times 735{\cdot}5} = \dfrac{E_b \times I_a}{735{\cdot}5}$ குதிரைத்திறன்

$$T_g = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{E_b \times I_a}{N} \qquad \ldots \quad (1\text{-}5)$$

$$= 9{\cdot}552 \cdot \frac{E_b\ I_a}{N}$$ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்

$$= {\cdot}9738\ \frac{E_b I_a}{N}$$ கிலோகிராம்-மீட்டர்கள் ... (1-6)

இத் திருக்கத்தின் சிறு பகுதி உராய்வினால் வீணாவதால், மோட்டார் திருக்கம் முழுவதும் கப்பிக்குக் கிடைப்பதில்லை. உராய்வுத் திருக்கம் T_fஐக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்

$$T_f = 0{\cdot}9738 \times \frac{[\text{*இரும்பு இழப்பு (iron loss)} + \text{உராய்வு இழப்பு}]}{N} \qquad \ldots \quad (1\text{-}7)$$

* மேற்குறித்த இழப்புகளின் அலகு வாட்டுகள்.

சுழல்தண்டின் திருக்கம் $T_{sh} = \frac{60\ B.H.P.\ (\text{மெட்ரிக்})}{2\pi N} \times 735 \cdot 5$

நியூட்டன் – மீட்டர் ... (1-8)

அல்லது

$$T_{sh} = (T_g - T_f) \quad \ldots \quad (1\text{-}9)$$

உராய்வுத் திருக்கத்தின் அளவு முழுச்சுமைத் திருக்கத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கையில் மிகக் குறைவாக இருப்பதால், உராய்வுத் திருக்கத்தின் அளவினைத் தவிர்த்துச் சுழல் தண்டின் திருக்கத்தை மொத்தத் திருக்கத்திற்குத் தோராயமாக எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

சமன்பாடு (1-1)-ல் இருந்து திருக்கமானது காந்தப் பாய்வு (ϕ), மின்னக மின்னோட்டம் (I_a) இவற்றின் பெருக்குத் தொகையைச் சார்ந்திருக்கும் என்றும், மோட்டாரின் திருக்கம் அதன் வேகத்தைச் சார்ந்ததன்று என்றும் அறிந்துகொள்கிறோம்.

வேகத்திருக்கச் சிறப்பியல்புகள்

ஒரு மோட்டாரின் வேகத்திருக்கச் சிறப்பியல்புகள் வரையறுக் கப்படுவதற்கு முன் அதன் வேக-மின்னோட்டச் சிறப்பியல்புகளையும், திருக்க மின்னோட்டச் சிறப்பியல்புகளையும் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

ஒரு நேர்மின் மோட்டாரின் மின் இயக்கு விசையானது (மி. இ. வி.) காந்தப்பாய்வு (ϕ), மோட்டாரின் வேகம் (N) ஆகிய வற்றின் பெருக்குத் தொகையைச் சார்ந்திருக்கும்.

அதாவது $E_b \propto \phi N$ ... (1-10)

அல்லது $N \propto \frac{E_b}{\phi}$

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi} \quad \ldots \quad (1\text{-}11)$$

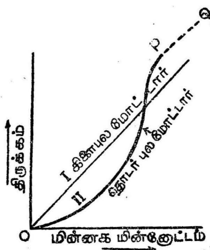
நேர்மின்னோட்ட மோட்டாரின் திருக்கமானது, காந்தப்பாய்வு மின்னக மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

அதாவது $T \propto \phi I_a$ ... (1-12)

கிளைபுல மோட்டாரில், அதன் மின்னகம், புலச்சுருள் ஆகிய இரண்டும், மின்தருவியின் குறுக்கே இணைநிலையில் இணைக்கப்

பட்டுள்ளன. ஆகவே, புலச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் நிலையான அளவினையுடையது. இதனால் காந்தப்பாய்வும் மாறா நிலையிலிருக்கும். எனவே, கிளைபுல மோட்டாரில் திருக்கம், மின்னக மின்னோட்டத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இம் மோட்டாரின் திருக்க-மின்னக மின்னோட்ட வளைகோடு, அச்சுகளின் மையப்புள்ளி வழியாகப் பாயும் ஒரு நேர்கோடு ஆகும் (படம் 1-1-ல் உள்ள வளைகோடு I ஐக் கவனிக்கவும்). இதனால் கிளைபுல மோட்டார் பாரமான சுமை துலக்கத்திற்கு உகந்தது.

நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரில் (series motor) புலச்சுருளும், மின்னகமும் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், காந்தப் பாய்வு, மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்திருக்கும். ஆகவே திருக்கம், மின்னக மின்னோட்டத்தின் இருமடி அளவுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் ($T \propto I_a^2$). இம் மோட்டாரின் திருக்க-மின்னோட்ட வளைகோடு, தெவிட்டு நிலை (saturation) வரையில் ஒரு பரவளைவாய் (parabola) இருக்கும். காந்தச் சுற்றதரில் (magnetic circuit) தெவிட்டு நிலை வரையில், காந்தப் பாய்வு அதிகரிப்பு, மின்னோட்ட அதிகரிப்புக்கு நேரிடையாக இருக்கும். தெவிட்டு நிலைக்குப் பிறகு காந்தப் பாய்வு அளவில் எவ்வித அதிகரிப்பும் ஏற்படாது. ஆதலால், திருக்க - மின்னோட்ட வளைகோடு ஒரு நேர்கோடாய் இருக்கும். வளைகோடு II-ல் PQ என்ற பகுதி இதனைக் குறிக்கிறது.

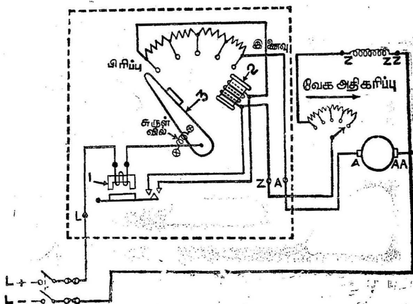


படம் 1-1.
கிளைபுல தொடர்புல மோட்டார்களின் திருக்க-மின்னக மின்னோட்ட வளைகோடுகள்

1-3·2·1. நேர்மின்னோட்ட மோட்டாரினைத் தொடங்கிவைத்தல்

மோட்டாரின் மின்னக மின்னோட்டம் $I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$. தொடககத்தின்பொழுது, மோட்டார் அசையா நிலையில் இருப்பதால், பின் மின்னியக்கு விசை (E_b) இல்லை. ஆகவே தொடக்க மின்னக

மின்னோட்டத்தினைக் கட்டுப்படுத்துவது மின்னகத்தின் மின்தடை அளவேயாகும். மின்னகத்தின் தடை மிகக் குறைவாக இருப்பதால், மோட்டார் மிக உயர்ந்த மின்னோட்ட அளவினை எடுத்துக் கொள்ளும். ஆகவே, கூடுதலான மின்தடையினை மின்னகச் சுற்றதரில் இணைத்து மோட்டாரின் தொடக்க மின்னக மின்னோட்ட அளவினைக் குறைக்க வேண்டும். மோட்டார் ஓடத் தொடங்கிய உடன் மின்னகச் சுற்றதரில் உள்ள மின்தடையினைக் குறைத்துக் கொண்டே வந்தால், பின் மின் இயக்கு விசை, வேக அதிகரிப்புக் கேற்றவாறு அதிகரித்துக் கொண்டே வருகிறது. மோட்டாரின் மின்னக மின்தடை முழுவதும் குறைக்கப்பட்டவுடன், மோட்டார் அதன் முழு வேகத்தில் ஓடும். மோட்டாரின் பின் மின்னியக்கு விசை மின்தருவியின் மின்னழுத்த அளவினை எதிர்த்து, மின்னகத்தினூடே குறைந்த மின்னோட்டத்தைப் பாயச் செய்கிறது. படம் 1-2-(அ)ல் முகத்தட்டு தொடக்கி (face-plate starter) அல்லது



படம் 1-2 (அ)
முகத்தட்டு தொடக்கி (Face plate starter)
அல்லது மூன்று புள்ளி-முனை தொடக்கி (Three point starter)
1. மிகை மின்னோட்டச் சுருள் 2. பிடிப்புச் சுருள்
3. சுருள் வில் சுமையுடைய கைப்பிடி.

மூன்று புள்ளி-முனை தொடக்கி (three point starter) காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இருவகை பாதுகாப்பு விடுவிப்பிகள் (releases) உள்ளன. ஒன்று மின்னழுத்தமில்லாதபோது விடு

விப்பி (no volt release); மற்றொன்று மிகைச் சுமை விடுவிப்பி (overload release).

மின்னழுத்தமில்லாதபோது விடுவிக்கும் விடுவிப்பி (No Volt Release): மின் தருவி மின்தொடரிலிருந்து அறுபட்டால், தொடக்கியின் கைப்பிடி உடனடியாகப் பிரிப்பு நிலைக்குத் (off position) திரும்ப வரவேண்டும். பிடிப்புச் சுருள் (no volt coil) புலச்சுருளுடன் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இஃது ஒரு மின்காந்தமாக இயங்கும்பொழுது, சுருள்வில் சுமையுடைய கைப்பிடியினை (spring loaded handle) 'இணைவு' நிலையில் பற்றிப் பிடித்துக் கொண்டிருக்கிறது. மின் தருவி துண்டிக்கப்பட்டால், பிடிப்புச் சுருள் மின் வலுவிழக்கப்பட்டுவிடும். உடனே சுருள்வில் (spring) தொடக்கியின் கைப்பிடியினைப் 'பிரிப்பு' (off) நிலைக்குக் கொணர்கிறது.

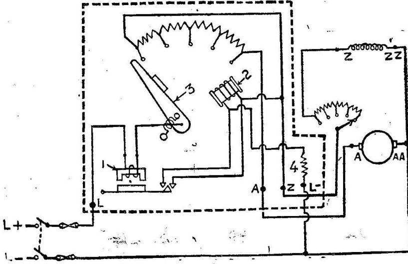
மிகை மின்னோட்டப் பாதுகாப்பு : மோட்டார் சுற்றதரில் மிகை மின்னோட்டம் ஏற்படாமல் பாதுகாக்கும் பொருட்டு மிகை மின்னோட்டப் பாதுகாப்பு உள்ளது. மின்தொடர் மின்னோட்டம் இந்த உணர்த்திச் சுருளினூடே பாய்ந்து, இந்த உணர்த்தியினை வலுவூட்டச் செய்கிறது. இதனால் இயல்பாகத் திறந்திருக்கும் தொடுமுனைகள் மூடப்பெற்று, பிடிப்புச் சுருளுக்குக் குறுக்குச் சுற்றதரிட்டு, தொடக்கக் கைப்பிடியினை அதன் 'பிரிப்பு' நிலைக்குக் கொணரச் செய்கிறது.

நான்கு புள்ளிமுனை தொடக்கி (Four Point Starter): மூன்று புள்ளிமுனை கொண்ட தொடக்கியில், பிடிப்புச் சுருளினூடே புல-மின்னோட்டம் பாய்கிறது. புலக் கட்டுப்பாட்டின் மூலம், கிளைபுல மோட்டாரில் மிகுந்த வேக மாற்றத்தினைச் செய்வதற்கு மூன்று புள்ளி கொண்ட தொடக்கியினைப் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனெனில், உயர் வேகங்களைப் பெற, புல மின்னோட்டம் மிகக் குறைந்த அளவுடையதாயிருக்குமாதலால், பிடிப்புச் சுருளின் மின்வலு குறைந்து கைப்பிடியினைத் தொடர்ந்து பிடித்திருக்க முடியாத நிலை ஏற்படும். அப்படிப்பட்ட சந்தர்ப்பங்களில், நான்கு புள்ளிமுனை கொண்ட தொடக்கியைப் படம் 1-2 (ஆ)-ல் காட்டியது போல் கிளைபுல மோட்டாருடன் இணைத்துப் பயன்படுத்தலாம்.

1-3·2·2. மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்கள் (Three Phase Induction Motors)

அணிற்கூடு வகை, நழுவல் வளைய வகை என இருவகைத் தூண்டல் மோட்டார்கள் உள்ளன. அணிற்கூட்டுத் தூண்டல் மோட்டாரில், சுழலித்தண்டின் இரு நுனிகளிலும் உள்ள கம்பி

வளையங்களினுல், சுழலி-மின் கடத்திகளுக்கு நிலையாகக் குறுக்குச் சுற்றதர் (short circuit) இடப்பட்டுள்ளது. ஆகவே, இந்த வகை மோட்டார்ச் சுழலியின் சுற்றதரில் கூடுதலான வெளிப்புற (external) மின்தடையினை இணைத்தோ அல்லது வெளிப்புற மின்திறனை உட்செலுத்தியோ, மோட்டாரின் வேகம், மின்திறன்



படம் 1-2 (ஆ)

நான்கு புள்ளிமுனை தொடக்கி (Four point starter)

(1) மிகை மின்னேட்டச்சுருள் அல்லது மிகை மின்னேட்ட விடுவிப்பி
(2) பிடிப்புச்சுருள் அல்லது மின்னழுத்தமில்லாதபொழுது விடுவிக்கும் விடுவிப்பி
(3) சுமையுடைய சுருள் வில் கைப்பிடி
(4) தொடர்நிலை மின்தடை (Series resistance)

காரணி போன்றவற்றினை மாற்ற இயலாது. ஆனுல் நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டாரில், மோட்டார்ச் சுழலியின் சுருள்களை (rotor coils), முக்கிளை வடிவத்தில் சுற்றி, அவற்றின் ஈற்று முனைகளை (terminals) வெளிப்புறத்தில் கொணர்ந்து, நழுவல் வளையங்களோடு இணைப்பர். ஆகவே, இந்த நழுவல் வளையங்களில் வெளிப்புற மின்தடையினை இணைத்தோ அல்லது வெளிப்புற மின்திறனை உட்செலுத்தியோ, மோட்டாரின் சிறப்பியல்புகளில் (characteristics) மாறுதலை விளைவிக்கலாம்.

தூண்டல் மோட்டார்களின் பல்வேறு சிறப்பியல்புகளைப்பற்றி அறிவதற்குமுன், ஒரு சில சமன்பாடுகளை நினைவுபடுத்திக்கொள்வது இங்கு அவசியமாகிறது.

சுழலியின் உள்ளீட்டுத்திறன் (rotor power input)

= சுழலியின் திறன் வெளிப்பாடு (rotor output power)

+ சுழலியின் தாமிர இழப்புகள் (rotor copper losses)

$$\therefore \quad \frac{\text{சுழலியின் உள்ளீட்டுத் திறன்}}{N_s} = \frac{\text{சுழலியின் திறன் வெளிப்பாடு}}{N}$$

$$= \frac{(\text{சுழலியின் உள்ளீட்டுத் திறன்} - \text{சுழலியின் திறன் வெளிப்பாடு})}{N_s - N}$$

$$= \frac{\text{சுழலியின் தாமிர இழப்புகள்}}{N_s - N}$$

ஆகவே, சுழலியின் உள்ளீட்டுத் திறன்

$$= \frac{\text{சுழலியின் தாமிர இழப்புகள்}}{\text{நழுவல்}}$$

$$= \frac{3\, I_2^2\, R_2}{S}$$

$$= \frac{3\, R_2}{S} \left\{ \frac{SE_2}{\sqrt{R_2^2 + S^2 X_2^2}} \right\}$$

$$\therefore \quad \frac{2\pi N_s T}{60} = \frac{3SE_2^2\, R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2} \qquad \ldots (1\text{-}13)$$

$$T = \frac{3 \times 60}{2\pi N_s} \times \frac{SE_2^2\, R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2}$$

$$= \frac{28 \cdot 635}{N_s} \times \frac{SE_2^2\, R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2}$$

$$= \frac{28 \cdot 635}{N_s} \times \frac{S \cdot (n\, E_1)^2\, R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2} \qquad \ldots (1\text{-}14)$$

இதில் 'n' என்பது சுழலிச் சுற்றுகளுக்கும், நிலையியில் உள்ள சுற்றுகளுக்குமுள்ள விகிதம்.

$$\therefore \quad T = K \cdot \frac{S \cdot E_1^2\, R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2} \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்} \ldots (1\text{-}15)$$

[இதில் K என்பது $\frac{28 \cdot 635\, n^2}{N_s}$]

பெரும நழுவல் $S_m = \frac{R_2}{X_2}$ ஆக இருக்கும்பொழுது திருக்கம் பெரும மதிப்பினை அடைகிறது.

$$\therefore \text{ பெருமத் திருக்கம் } T_m = \frac{K \cdot S\ E_1^2 \cdot SX_2}{S^2\ X_2^2 + S^2 X_2^2}$$

$$= K\ \frac{E_1^2}{2X_2} \qquad \ldots \quad (1\text{-}16)$$

தொடக்க காலத்தில் நழுவலின் அளவு $S = 1$

$$\therefore \text{ தொடக்க திருக்கம் } T_s = \frac{K \cdot E_1^2\ R_2}{R_2^2 + X_2^2} \qquad \ldots \quad (1\text{-}17)$$

முழுச்சுமை திருக்கத்தின்போதிருக்கும் நழுவலின் அளவு S_f எனக் கொண்டால், முழுச்சுமை திருக்கம்

$$T_f = \frac{K \cdot S_f \cdot E_1^2 \cdot R_2}{R_2^2 + S_f^2\ X_2^2} \qquad \ldots \quad (1\text{-}18)$$

சமன்பாடு (1-17)ஐ, சமன்பாடு (1-16) ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{T_s}{T_m} = \frac{K \cdot E_1^2\ R_2}{R_2^2 + X_2^2} \times \frac{2\ X_2}{KE_1^2}$$

$$= \frac{2\ (R_2/X_2)}{(R_2/X_2)^2 + 1}$$

$$= \frac{2\ S_m}{1 + S_m^2} \qquad \ldots \quad (1\text{-}19)$$

சமன்பாடு (1-16)ஐ, சமன்பாடு (1-18)ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{T_m}{T_f} = \frac{K \cdot E_1^2}{2\ X_2} \times \frac{R_2^2 + S_f^2\ X_2^2}{K\ S_f \cdot E_1^2\ R_2}$$

$$= \frac{\left(\frac{R_2}{x_2}\right)^2 + S_f^2}{2 \cdot S_f \cdot \left(\frac{R_2}{X_2}\right)}$$

$$= \frac{S_m^2 + S_f^2}{2\ S_m \cdot S_f} \qquad \ldots \quad (1\text{-}20)$$

சமன்பாடு (1-17)ஐ, சமன்பாடு (1-18)-ல் வகுத்தால்

$$\frac{T_s}{T_f} = \frac{K \cdot E_1^2 R_2}{R_2^2+X_2^2} \times \frac{R_2^2+S_f^2 X_2^2}{K \cdot S_f \cdot E_1^2 R_2}$$

$$= \frac{\left(\frac{R_2}{X_2}\right)^2 + S_f^2}{S_f \left\{\left(\frac{R_2}{X_2}\right)^2 + 1\right\}}$$

$$\therefore \frac{T_s}{T_f} = \frac{S_m^2+S_f^2}{S_f (S_m^2+1)} \qquad \ldots (1\text{-}21)$$

சுழலியின் உள்ளீட்டுத் திறன் = கோண திசைவேகம் × திருக்கம்

$$= \omega \times T$$

$$= \frac{2 \pi N_s}{60} \times T \qquad \ldots (1\text{-}22)$$

$$\therefore \frac{2 \pi T}{60} = \frac{\text{சுழலி உள்ளீட்டுத் திறன்}}{N_s}$$

$$= \frac{\text{சுழலியின் திறன் வெளிப்பாடு}}{N}$$

$$= \frac{\text{சுழலி உள்ளீட்டுத் திறன் } - \text{ சுழலியின் திறன் வெளிப்பாடு}}{N_s - N}$$

$$= \frac{\text{சுழலியின் தாமிர இழப்புகள்}}{N_s - N} \qquad \ldots (1\text{-}23)$$

ஆகவே, $$\frac{2 \pi T}{60/N_s} = \frac{\text{சுழலி உள்ளீட்டுத் திறன்}}{N_s/N_s}$$

$$= \frac{\text{சுழலியின் திறன் வெளிப்பாடு}}{N/N_s}$$

$$= \frac{\text{சுழலியின் தாமிர இழப்பு}}{\frac{N_s - N}{S}}$$

$$\therefore \quad \frac{2\pi N_s T}{60} = \frac{\text{சுழலி உள்ளீட்டுத் திறன்}}{1}$$

$$= \frac{\text{சுழலியின் திறன் வெளிப்பாடு}}{1-S}$$

$$= \frac{\text{சுழலியின் தாமிர இழப்பு}}{S} \quad \ldots \ (1\text{-}24)$$

$$\therefore \quad \frac{2\pi N_s T}{60} = \frac{3\, I_2^2\, R_2}{S} \quad \ldots \ (1\text{-}25)$$

தூண்டல் மோட்டார் தொடக்கம் (Starting of Induction Motor)

எல்லா தூண்டல் மோட்டார்களும் தாமாகவே தொடங்குந் தன்மை வாய்ந்தவை. தொடக்கியின் (starter) முக்கியத்துவம் என்னவெனில், விரைந்து உட்பாய்வும் (inrush) தொடக்க மின்னோட்ட அளவினை வரம்புக்குட்படுத்துவதுடன் மோட்டாருக்குப் பாதுகாப்பும் அளிக்கிறது.

தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையிக்கு (stator) மூவுந்தி மாறு திசை மின்திறனை (3-Phase AC Supply) வழங்கியவுடன், சுழலுங் காந்தப்புலம் (rotating magnetic field) ஏற்படுகிறது. இந்தப் புலத்தின் சுழலும் வேகம் ஒத்தியங்கு வேகத்திற்குச் சமம். நிலையாயிருக்கும் சுழலியின் மின்கடத்திகளை இப் புலம் பெரும் சார்பு வேகத்தில் தாக்குவதால், மிக உயர்ந்த மின்னியக்கு விசை, குறுக்குச் சுற்றதரிடப்பட்ட சுழலியில் ஏற்பட்டு, மிக உயர்ந்த அளவு தூண்டு மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. இந்தச் சுழலி மின்னோட்டம், காந்த இறக்கத்தன்மை வாய்ந்த சுழலும் காந்தப் புலத்தினை விளைவிக்கிறது. இந்தக் காந்தப்புலத்தின் வேகமும் ஒத்தியங்கு வேகத்திற்குச் சமம். இந்தக் காந்தப்புலத்தின் காந்த இறக்கத் தன்மையினால், நிலையி சுருணையில் ஏற்படும் பின் மின்னியக்கு விசையின் அளவு குறைகிறது. இதனால் கூடுதலான தொடக்க மின்னோட்டம் மின் தருவாயிலிருந்து தருவிக்கப்படுகிறது. சுழலி இயக்கப்பட்டு ஓடத் தொடங்கியவுடன், இந்தக் காந்த இறக்கத் தன்மையும் குறைகிறது. சுழலி மின்னோட்ட அளவும் குறைகிறது. ஆகவே, மோட்டார் தொடக்கத்தின்போது எடுக்கும் அதிக மின்னோட்டத்தின் மூல காரணம் சுழலியில் ஏற்படும் தூண்டல் மின்னோட்டங்களாகும். இத் தூண்டல் மின்னோட்டங்களின் அளவைக் கீழ்க்கண்ட இரு வழிகளில் குறைக்கலாம்:

(அ) நிலையிக்குக் குறை மின்னழுத்தம் வழங்குதல்: மோட்டாரின் நிலையிக்குக் குறை மின்னழுத்தம் கொடுத்தால், சுழலும் காந்தப் புலத்தின் அளவினைக் குறைக்கலாம். இதனால் சுழலியில்

உண்டாகும் மின்னியக்கு விசை குறைந்து, சுழலியின் தூண்டல் மின்னோட்டங்களைக் குறைக்கிறது. ஆகவே, உயர்திறன் கொண்ட (5 குதிரைத் திறனும் அதற்கு மேற்பட்ட திறனும்) எல்லா அணிற் கூடு மோட்டார்களைத் தொடங்கிவைக்கும்பொழுது, தொடக் கத்தில் குறை மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது.

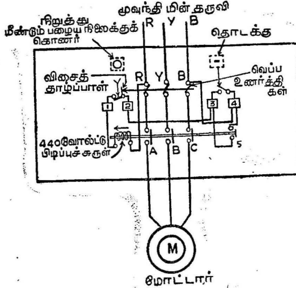
(ஆ) சுழலியின் சுற்றதரில் மின் தடையினை அதிகரித்தல் : மோட்டாரினை முழு மின்னழுத்தத்தில் தொடங்கிவைக்கும் பொழுது சுழலியில் ஏற்படும் தூண்டல் மின்னியக்கு விசை பெருமமாக இருக்கும். ஆனால், சுழலியில் பாயும் மின்னோட்டத் தினை, சுழலியின் சுற்றதருடன் மின்தடையினை இணைப்பதன் மூலம் குறைக்கலாம். இந்த வழி நழுவல்வளைய மோட்டாரில் தான் பயன்படுத்த முடியும்.

அணிற்கூடு மோட்டாரினை மூன்று வழிகளில் தொடங்கிவைக்க லாம்(i) மின்தொடருடன் நேரிடை இணைப்புத் தொடக்கம் (Direct on line starting) (ii) முக்கிளை-முக்கோணத் தொடக்கம் (Star-delta starting) (iii) ஒற்றைச்சுருள் மின்மாற்றித் தொடக்கம் (Auto Transformer starting).

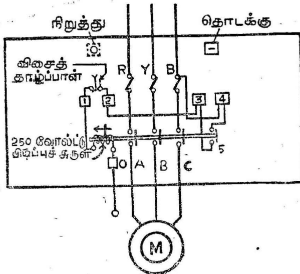
(i) மின்தொடருடன் நேரிடை இணைப்புத் தொடக்கம் : இந்த வகைத் தொடக்கம் பெரும்பாலும் சிறிய குதிரைத் திறன் வாய்ந்த மோட்டார்களுக்கே பயன்படுத்தப்படும். இந்த வகைத் தொடக்கத்தில் மோட்டாரினை நேரிடையாக மின்தருவியுடன் இணைப்பதால், அதிக தொடக்க மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக் கொண்டு, மின்தொடரில் பெருத்த மின்னழுத்த வீழ்ச்சியினை உண்டாக்குகிறது. இக் காரணம் பற்றியே இந்தத் தொடக்கியை 3 குதிரைத்திறன் அளவு கொண்ட மோட்டாகள் வரை மட்டுமே பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த வகைத்தொடககத்தின், தொடக்க மின்னோட்டம் மோட்டாரின் முழுச்சுமை மின்னோட்ட அளவினைப் போல் 5 அல்லது 6 மடங்கு இருக்கும். படம் 1-3(அ. மூவுந்தி மின்தருவி (three phase supply) பெற்று இயங்கும் ஒருவகை நேரிடை இணைப்புத் தொடக்கி (direct on line starter) அமைப் பினைக் காட்டுகிறது. இதில் உள்ள பிடிப்புச்சுருள் (hold-on coil) இரு மின்தொடர் கம்பிகளுக்கிடையே வழங்கப்படும் மின்னழுத்த மாகிய 440 வோல்ட்டுத் திட்டவரை மின்னழுத்தத்தில் இயங்கு பவை.

படம் 1-3(ஆ) ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள நேரிடை-இணைப்புத் தொடக்கியில் உள்ள பிடிப்புச்சுருள், ஒரு மின்தொடர் கம்பிக்கும் (one phase line), நடுநிலைக்கம்பிக்கும் (neutral wire) இடையே

கிடைக்கும் $\frac{440}{\sqrt{3}}$ அல்லது 250 வோல்ட்டு திட்டவரை மின்னழுத்தத்தில் இயங்குபவை.



படம் 1-3 (அ).
நேரிடை இணைப்புத் தொடக்கி (440 வோல்ட்டு பிடிப்புச் சுருளைக் கொண்டது)



படம் 1-3 (ஆ).
நேரிடை இணைப்புத் தொடக்கி (250 வோல்ட்டு பிடிப்புச்சுருளைக் கொண்டது)

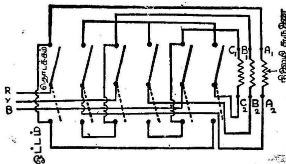
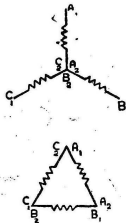
இதில் உள்ள வெப்ப உணர்த்திகள் (thermal relays) இரு உலோகத் துண்டுகளினால் (bimetal strips) ஆனது. மோட்டார் மிகைச் சுமையில் (overload) இயங்கும்போது, இந்த இரு உலோகத்துண்டுகள் விரிவடைந்து, விசைத்தாழ்ப்பாளினை (latches) அழுத்தி, பிடிப்புச்சுருளுக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தத்தினைத் துண்டிக்கச் செய்கிறது. இரு உலோகத்துண்டுகள் போதுமான அளவுக்குக் குளிர்ச்சியடைந்து, சுருக்கமடைந்த பிறகுதான் நிறுத்து பொத்தானின் (stop button) உதவியால் விசைத்தாழ்ப்பாளினைப் பழைய நிலைக்குக் கொணரச் (reset) செய்யமுடியும்.

தொடக்கப் பொத்தானை (start button) அமுக்கியவுடன் பிடிப்புச்சுருள் (contactor coil) மின் வலுப்பெற்று (energised), இயல்பாகத் திறந்த நிலையில் இருக்கும் நான்கு தொடுமுனைகளை மூடச் செய்கிறது. இதில் உள்ள மூன்று தொடுமுனைகள் மூடி, மோட்டாரினை மின்திறனுடன் இணைக்கச் செய்கிறது. நான்காவது தொடுமுனை தொடக்கப் பொத்தானுக்குக் குறுக்குச் சுற்றரிட்டு, தொடுவிச் சுருளுக்கான மின்தருவியினை நிலை நிறுத்துகிறது. வேண்டாதபொழுது மோட்டாரை நிறுத்த வேண்டுமானால், நிறுத்து பொத்தானை அழுத்தி நிறுத்த வைக்கலாம். மிகைச் சுமையினால் (overload) மோட்டார் நின்றுவிட்டால், விரிவடைந்திருந்த இரு-உலோகத்துண்டுகள் போதுமான அளவிற்குக் குளிர்ந்த பிறகே, நிறுத்து பொத்தானை அழுத்தி, உணர்த்தியியக்கத்தினைச் சரிசெய்து, மீண்டும். மோட்டாரினைத் துவக்கலாம்.

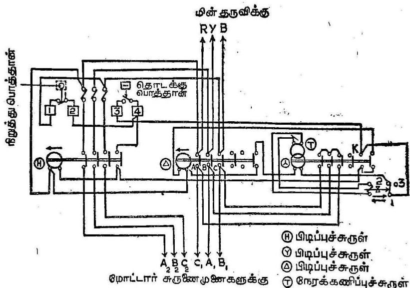
(ii) முக்கிளை முக்கோணத் தொடக்கம்

படம் 1-4 (அ) ஒரு சாதாரண முக்கிளை-முக்கோணத் தொடக்கியினைக் காட்டுகிறது. இந்த வகைத் தொடக்கம், மோட்டார்களின் 30 குதிரைத்திறன் அளவுவரை பயன்படுத்தலாம். இம் மோட்டார்கள் ஓடும் நேரத்தில், அதன் சுருணைகளின் இணைப்பு முக்கோண வடிவத்தில் இருக்கவேண்டும். ஒவ்வொரு சுருணையின் ஆரம்ப ஈறுமுனையும், முடிவு ஈறுமுனையும் அதாவது மூன்று சுருணைகளின் ஆறு ஈற்றுமுனைகளும் (terminals) தொடக்கிக்குக் (starter) கொணரவேண்டும். இந்த வகைத் தொடக்கி, முதலில் மோட்டாரினை முக்கிளை வடிவத்தில் இணைத்து, உந்தி மின்னழுத்தத்தில் (phase voltage) ஓட வைக்கப்படுகிறது. பிறகு ஓடும் நிலையில் மோட்டாரினை முக்கோண வடிவத்தில் நிலையாக ஓடச் செய்கிறது ஆகவே, தொடக்கத்தில் இம் மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம் மின்தொடர் மின்னழுத்தத்தில் (line voltage) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ மடங்கு இருக்கும். அல்லது முழு மின்தருவி

மின்னழுத்தத்தில் 57·7 சதவீத மிருக்கும். இதன் அமைப்பு எளிமையானது; நயமானது.


படம் 1-4 (அ)
முக்கிளை முக்கோணத் தொடக்கி



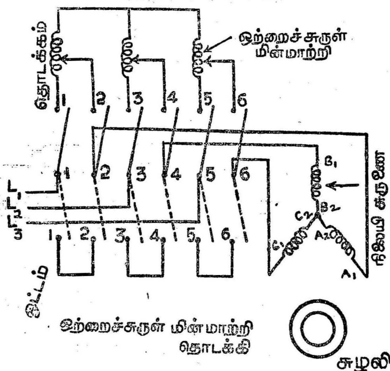
படம் 1-4 (ஆ)
தானியங்குவகை முக்கிளை முக்கோணத் தொடக்கி

படம் 1-4 (ஆ)-ல் தானியங்கு வகை முக்கிளை-முக்கோணத் தொடக்கி (automatic star-delta starter) கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இதில் மூன்று பிடிப்புச்சுருள்கள் [(H) பிடிப்புச்சுருள், (Y) பிடிப்புச் சுருள், ($\triangle$) பிடிப்புச்சுருள்] உள்ளன. இத்துடன் (T) எனும் நேரக்கணிப்புச் சுருளும் உள்ளது. தொடக்கப் பொத்தானை அழுத்தியவுடன், பிடிப்புச்சுருள் (H)-ம், பிடிப்புச்சுருள் (Y)-ம் மின் வலுவூட்டமடைந்து மோட்டார்ச் சுருணைகளை முக்கிளை வடிவத்தில் அமைக்கிறது. அதே சமயத்தில் நேரக்கணிப்புச்சுருள் (T)-ம் மின் வலுவூட்டமடைந்து, அதன் தொடுவியினை (contact) இயக்கச் செய்கிறது. சிறிது நேரத்திற்குப் பிறகு, இத் தொடுவி (Y) பிடிப்புச்சுருளை மின் வலு இழக்கச் செய்து, ($\triangle$) பிடிப்பிச்சுருளை மின் வலுவூட்டச் செய்கிறது. இங்ஙனம் தானாகவே மோட்டார்ச் சுருணைகளின் முனைகள் முக்கிளை வடிவத்திலிருந்து முக்கோண வடிவத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. தேவையற்றபோது நிறுத்து பொத்தானை அமுக்கி, மோட்டாரை நிறுத்தி வைக்கலாம்.

(iii) ஒற்றைச்சுருள் மின் மாற்றித் தொடக்கம்

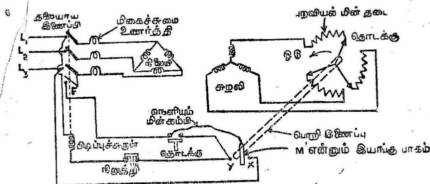
படம் 1-5. ஒரு சாதாரண ஒற்றைச்சுருள் மின் மாற்றித் தொடக்க (Auto transformer starter) அமைப்பினைக் காட்டுகிறது.



படம் 1-5.
ஒற்றைச்சுருள் மின் மாற்றித் தொடக்கி

இந்த வகைத் தொடக்கியில் ஒற்றைச்சுருள் மின் மாற்றியினை மோட்டாரின் சுற்றதரில் இணைத்து, நிலையியின் சுருணைகளுக்குக் குறுக்கே குறை மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து, தொடக்க மின்னோட்ட அளவினைச் குறைக்கச் செய்யலாம். மோட்டார் அதன் முழு வேகத்தில் சுமார் 80 சத வீத வேகத்தினை அடைந்த வுடன், முழு மின்னழுத்த அளவு மாற்றியிணைக்கும் இணைப்பியின் மூலம் மோட்டாருக்குக் கொடுக்கப்படும். அப்பொழுது ஒற்றைச் சுருள் மின் மாற்றி மோட்டார் சுற்றதரிலிருந்து பிரிக்கப்படுகிறது.

சுழலி-மின்தடை தொடக்கி (Rotor-Resistance Starter): இந்த வகைத் தொடக்கியின் இணைப்பு வரைபடம் படம் 1-6-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த மோட்டாரினைப் புறவியல் மின் தடைகள் (external resistances). சுழலிச் சுருணைகளுக்குக் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுத் தொடக்கம் செய்யப்படுகிறது. சக்கரவடிவக் கைப் பிடியினை அசைத்து, அம்புக் குறியிட்ட திசையில் திருப்புவதன் மூலம், படிப்படியாக இந்த மின் தடையின் அளவினைக் குறைத்துக் கொண்டே வரலாம். இறுதியில் மின் தடை முழுவதும் நீக்கப்



படம் 1-6. சுழலி மின் தடை தொடக்கி

பட்டு நழுவல் வளையங்களுக்குக் (slip rings) குறுக்குச் சுற்றதரிடப் படுகிறது. அதே சமயத்தில் பிரஷ்களை நழுவல் வளையத்தினின்று, நீக்கிப் பிரஷ் தேய்மானம் குறைக்கப்படுகிறது. நேரிடை இணைப் பினைத் தவிர்க்கும் பொருட்டு, நிலையிக்கான மின் திறன் தருவி அமைப்பு, சுழலியுடன் மின் தடை அளவுகள் முழுவதும் இணைக் கப்பட்டிருந்தால்தான் மோட்டார் இயங்கும்படிச் செய்ய பொறி - இணைப்பு (mechanical link) உள்ளது. அதாவது, சக்கர வடிவக் கைப்பிடிக்கும், சுழலி மின் தடையின் '*M*' என்னும் இயங்கு பாகத்திற்கும் (moving point) மின்னலிணைப்பு (intelrock)

உள்ளது. தொடக்கத்தில் சுழலிச் சுற்றதருடன் புறவியல் மின் தடை முழுவதும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அந்த நிலையில் 'M' என்னும் இயங்கு பாகம் படம் 1-6-ல் குறிப்பிட்டுள்ள 'X' என்னும் புள்ளியுடன் இணைந்திருக்கும். தொடக்கு பொத்தானை அமுக்கிய வுடன், பிடிப்புச் சுருள் மின் வலுவூட்டப் பெற்றுத் தலையாய இணைப்பியினை (main switch) மூடுவிக்கிறது. புறவியல் மின்தடை முழுவதும் நீக்கப்பட்டு மோட்டார் இயல்பாக ஓடிக்கொண்டிருக் கும் நிலையில், இந்த M என்னும் இயங்கு பாகம் Y என்னும் புள்ளியுடன் இணைந்திருக்கும். புறவியல் மின்தடை முழுவதினை யும் துண்டிக்கும் (cutting out) வரையில் தொடக்கு பொத்தானை அமுக்கிய நிலையிலேயே பிடித்திருக்க வேண்டும். அதன் பிறகு விடுவித்தால், பிடிப்புச் சுருளுக்கான மின்திறன், அப் பிடிப்புச் சுருளின் 'F' என்னும் தொடு முனை மூலம், 'Y' என்னும் புள்ளி வழியாக நிலைநிறுத்தப்படுகிறது. புறவியல் மின் தடையின் சக்கர வடிவக் கைப்பிடி தொடக்க நிலையில் இல்லாது மின் தடையின் அளவு சிறிது நீக்கப்பட்ட நிலையிலிருந்தால் 'M' என்னும் இயங்கு பாகம் X, Y ஆகிய இரு புள்ளிகளுக்கிடை நிலையிலிருக்கும். அந்த நிலையில் தொடக்கு பொத்தானை அமுக்கினாலும் மோட்டார் இயங்காது. இயங்கு பாகம் 'Y' என்னும் புள்ளியிலிருந்தாலும் மோட்டாரினை இயக்க முடியாது.

திரவத் தொடக்கிகள் : நடுத்தர அல்லது மிகப் பெரிய திட்டவரை அளவு கொண்ட சில நழுவல் வளைய மோட்டார்களை அடிக்கடி தொடங்கச் செய்ய வேண்டிய அவசியமிராது. அப்படிப் பட்ட மோட்டார்களுக்குத் திரவத் தொடக்கிகளைப் (liquid starters) பயன்படுத்தினால் நயமாயிருக்கும். மோட்டார்ச் சுழலியின் நழுவல் வளையங்கள் திரவத் தடைமாற்றியில் (liquid rheostat) உள்ள நகர்ந்து செல்லும் மின்வாய்களுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். திரவத் தொடக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படும் மின்பகு கரைசலில் (electrolyte), சோடியம் கார்பனேட்டும், நீரும் சுமார் 1 : 20 என்ற எடை விகிதத்தில் கலந்திருக்கும். இக் கரைசலில் சோடியம் கார்பனேட்டை அதிகரித்தால், மின்பகு கரைசலின் கடத்துந் தன்மையினை (conductivity of electrolyte) அதிகரிக் கச் செய்யலாம். மின் வாயின் நுனிப் பகுதி, கரைசலில் குறைந்த அளவு நுழைக்கப்பட்டிருந்தால், சுழலியின் வெளிச் சுற்றதரில் தொடர்நிலையில் இருக்கும் இக் கரைசலினால் ஏற்படும் மின்தடை அதிகமாக இருக்கும். மின்வாய் ஆழமாக நுழைக்கப்பட்டால், இந்த மின்தடை குறைகிறது. மின்வாய்க் கரைசலில் நுழைக்கப் படும் ஆழத்தினைக் கட்டுப்படுத்தி, மோட்டாரினை எவ்விதத் தடங்கலின்றித் தொடங்கச் செய்யலாம். மோட்டாரினை அடிக்கடி-

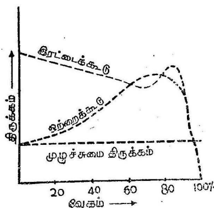
தொடங்கச் செய்ய வேண்டிய இடங்களில் இதனைப் பயன்படுத்தினால், மின்பகுகரைசல் கொதிப்பு நிலையினையடைவதோடல்லாமல், சுழலிச் சுற்றதரோடு இணைக்கப்படும் இக் கரைசலின் மின்தடையின் அளவு நிலையாயிராது. சிமெண்டு ஆலை, உருள் ஆலை (rolling mill) போன்ற இடங்களில் பயன்படுத்தப்படும் நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டார்களுக்கு இத் திரவத் தொடக்கிகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

நிலையான திருக்கம் தேவைப்படும் இடங்களில் தூண்டல் மோட்டார்களைப் பயன்படுத்துவர் (எடுத்துக்காட்டு : நெசவு ஆலை, காகித ஆலை, அழுத்தும் பொறி முதலியன). அணிற் கூடு (squirrel cage) மோட்டார்கள் நயமானவை; திண்மை வாய்ந்தவை; நம்பிக்கையானவை; எளிதில் செயற்படத் தக்கவை. நழுவல் வளைய (slip-ring) மோட்டார்கள் மிக விலையுள்ளவை. அவற்றிற்கு அதிக பராமரிப்பும், தனிப்பட்ட கவனமும் தேவை. மேலும், இந்த அமைப்பு சிக்கலானது. குறை மின்திறன் மோட்டார்களுக்கு அணிற் கூடு வகையும், அதிக மின்திறன் கொண்ட மோட்டார்களுக்கு நழுவல் வளைய வகையும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

1-3-2-3. இரட்டைக் கூடு தூண்டல் மோட்டார் (Double Cage Induction Motor)

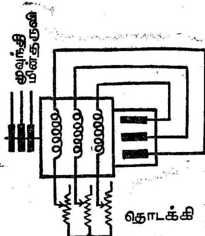
இரட்டைக் கூட்டினைக் (Double cage) கொண்ட மோட்டார்கள் உயர்ந்த தொடக்கத் திருக்கமுள்ள பணிக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வெளிப்புறக் கூடு, மிகுந்த தடை கொண்ட உலோகத் தண்டுகளாலானது. உட்புறக் கூடு தாமிரத் தண்டுகளால் ஆனது. உட்புறச் சுருணையின் தூண்டல் அளவு, வெளிப்புறச் சுருணையின் தூண்டல் அளவினைக் காட்டிலும் மிக அதிகம். மோட்டாரைத் தொடங்கச் செய்யும் பொழுது தூண்டல் மின்னோட்ட அலைவெண் மின் தருவியின் அலைவெண்ணுக்கு நிகராக இருக்கும். ஆதலால் உட்புறச் சுருணையின் தூண்டல் எதிர்வினைப்பு (Inductive reactance—$2\pi f L$) மிக அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே, பெரும்பான்மையான தொடக்க மின்னோட்டம் வெளிப்புறக் கூட்டில் உள்ள சுருணையின் வழியாகப் பாய்கிறது. இதனால் தொடக்கத் திருக்கம் அதிகமாயிருக்கிறது. மோட்டார் இயல்பாக இயங்கும் பொழுது, உட்புறக் கூட்டிலுள்ள சுருணையின் தூண்டல் எதிர் வினைப்பு ($2\pi f S L$) குறைகிறது. ஏனெனில், தூண்டல் மின்னோட்டத்தின் அலைவெண் நழுவல் அலைவெண்ணுக்குச் சமம். ஆகவே, மோட்டார் இயல்பாக ஓடிக் கொண்டிருக்கும்போது, சுமை மின்னோட்டத்தின் பெரும் பகுதி உட்புறக் கூட்டில் உள்ள சுருணையின் வழியாகப் பாயும். இதனால் மோட்டாரின் பயனுறு திறனும் அதிகரிக்கிறது.

படம் 1-7-ல் ஒற்றைக்கூடு, இரட்டைக்கூடு வகை தூண்டல் மோட்டார்களின் வேக-திருக்க வளை கோடுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.



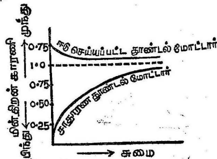
படம்1-7.
ஒற்றைக்கூடு, இரட்டைக்கூடு தூண்டல் மோட்டார்களின் வேக-திருக்க வளை கோடுகள்

ஈடு செய்யப்பட்ட தூண்டல் மோட்டார் (Compensated Induction Motor): சாதாரண தூண்டல் மோட்டாரினைவிட இந்த மோட்டார் சற்று மேம்பாடுடையது. இந்த மோட்டார் ஒன்று அல்லது சிறிது முந்து மின் திறன் காரணியில் (unity or slightly leading power factor) எல்லாச் சுமை அளவுகளிலும் இயங்க வல்லது. இதனைப் 'பிந்தும் மின் திறன் - காரணியற்ற வகை (no lag type) மோட்டார்' என வழங்கப்படும். இதனுடைய முதன்மைச் சுருணை, மோட்டார்-சுழலியின் மீதும், துணைச் சுருணை, நிலையியின் மீதும் படம் 1-8-ல் காட்டியபடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மோட்டார்ச் சுழலியில் மற்றொரு சுருணையாகி திசை போக்கு



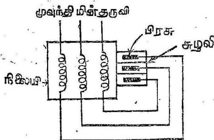
படம் 1-8.
பிந்து மின்திறன் காரணியற்ற வகை ஈடு செய்யப்பட்ட தூண்டல் மோட்டார்

மாற்றிச் சுருணை உள்ளது. இத் திசை போக்கு மாற்றிச் சுருணையில் உண்டாகும் மின்னியக்கு விசைகளை, பிரஷ்களின் மூலம் திரட்டி, துணைச் சுருணையில் உட்செலுத்தி, மின் திறன் காரணியின் முன்னேற்றத்தினைப் பெறலாம். சுமைக்கும் பின் திறன் காரணிக்கும் உள்ள தொடர்பினை விளக்கும் வரைபடம் 1-9-ல் காடடப் பட்டுள்ளது. இந்த வகைத் தூண்டல் மோட்டார் அதிக விலையுடையது.



படம் 1-9.
ஈடு செய்யப்பட்டதும், சாதாரணமானதுமான தூண்டல் மோட்டார்களின் மின் திறன் காரணி-சுமை வளைகோடுகள்

மூவுந்தி மாறுதிசை தொடர்நிலை மோட்டார் (Three Phase Series Motor): இந்த வகை மோட்டாரின் நிலையியின் அமைப்பு, சாதாரண தூண்டல் மோட்டாரினைப் போன்றதே. ஆனால் இந்த மோட்டாரில் மூன்று சுருணைகளின் ஆறு முனைகளும் வெளிப் புறத்தில் கொண்டு வரப்படுகின்றன. இம் மோட்டாரின் சுழலி, திசைபோக்கு மாற்றிச் சுருணை (commutator winding) யுடன் ஒரு ஜதை புலமுனைகளுக்கு, மூன்று பிரஷ்கள் வீதம் பொருத்தப்பட்டுள்ள அமைப்பினைக் கொண்டது (படம் 1-10).



படம் 1-10.
மூவுந்தி மாறுதிசைத் தொடர்நிலை மோட்டார்

இந்த மோட்டாரின் வேகத் திருக்கம், நேர்கோடு நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டாரினைப் போன்றதே. இந்த மோட்டாரின் மின்திறன் காரணி, சுமை அதிகரிப்புக்கேற்றவாறு, சிறிதளவு குறையும். மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்தருவி அமைக்கப்பட்டுள்ள இடங்களாயிருந்தால், இத்தகைய மோட்டார்கள், பாரந்தூக்கிப் போன்ற பணிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 1-1 :

440 வோல்ட்டு, 10 குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்), மூவுந்து, 4 முனை, 50 சுற்றுகள்/வினாடி அலைவெண் கொண்ட ஒரு

தூண்டல் மோட்டார், முழுச் சுமையின்போது 1440 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடுகிறது. இந்த மோட்டாரினை நேரடி-மின் தொடர் இணைப்பியில் இணைத்தால், 50 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக்கொள்கிறது. கீழ்க்கண்ட முறைகளில் மோட்டாரைத் துவக்கினால், ஏற்படும் தொடக்கத்திருக்கத்திற்கும், முழுச்சுமைத் திருக்கத்திற்குமுள்ள விகிதத்தினைக் கண்டுபிடிக்கவும். மோட்டாரின் பயனுறுதிறன் 88% மின்திறன் காரணி 0·85.

(அ) நிலையியின் மின்தடை தொடக்கியைக் கொண்டு (stator resistance starter), மின்னோட்டத்தினை 30 ஆம்பியருக்குள் கட்டுப்படுத்தல்.

(ஆ) முக்கிளை/முக்கோணத் தொடக்கி கொண்டு தொடக்க மின்னோட்டத்தினைக் கட்டுப்படுத்தல்.

(இ) நேரடி மின்தொடர் தொடக்கி (direct on-line--starter) யினைக் கொண்டு துவக்குதல்.

(ஈ) 70% மடையினைக் (tapping) கொண்ட ஒற்றைச் சுருள் மின் மாற்றித் தொடக்கியினைக் கொண்டு துவக்குதல்.

தீர்வு:

$$\text{முழுச் சுமை மின்னோட்டம் } I_f = \frac{10 \times 736{\cdot}5}{\sqrt{3 \times 440 \times 0{\cdot}85 \times 0{\cdot}88}}$$
$$= 12{\cdot}9 \text{ ஆம்பியர்.}$$

தொடக்கத் திருக்கத்திற்கும் முழுச் சுமைத்திருக்கத்திற்கும் உள்ள விகிதம்:

$$\frac{T_s}{T_f} = x^2 \left(\frac{I_s}{I_f}\right)^2 . S_f$$

இதில் x என்பது மோட்டாருக்குத் தொடக்கத்தில் வழங்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும், முழு அளவு மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம்.

(அ) நிலையி – மின் தடைத் தொடக்கி

$$\frac{I_1}{I_s} = \frac{30}{50} = 0{\cdot}6 \quad (\text{இதில் } I_1 \text{ என்பது நிலையியின் மின்னோட்டம்})$$

$$\therefore \quad \frac{T_s}{T_f} = (0{\cdot}6)^2 \times \left(\frac{I_s}{I_f}\right)^2 \times S_f$$

$$= 0.36 \times \left(\frac{50}{12.9}\right)^2 \times 0{\cdot}04$$
$$= 0.216$$

(ஆ) முக்கிளை - முக்கோண் இணைப்புத் தொடக்கி

$$x = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore \frac{T_s}{T_f} = x^2 \left(\frac{I_s}{I_f}\right)^2 \times S_f$$

$$= \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 \times \left(\frac{50}{12 \cdot 9}\right)^2 \times 0 \cdot 04$$

$$= 0 \cdot 2003$$

(இ) நேரடி மின் தொடர் தொடர் தொடக்கி

$$x = 1$$

$$\therefore \frac{T_s}{T_s} = 1 \times \left(\frac{50}{12 \cdot 9}\right)^2 \times 0 \cdot 04 = 0 \cdot 6009$$

(ஈ) ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றித் தொடக்கி

$$x = 0 \cdot 7$$

$$\therefore \frac{T_s}{T_f} = (0 \cdot 7)^2 \times \left(\frac{50}{12 \cdot 9}\right)^2 \times 0 \cdot 04$$

$$= 0 \cdot 294$$

எடுத்துக்காட்டு 1-2 :

400 வோல்ட்டு, 50 சுற்றுகள்/விநாடி அலைவெண் கொண்ட தூண்டல் மோட்டாரினை நேரடி - மின்தொடர் இணைப்பின் மூலம் துவக்கும்பொழுது முழுச் சுமை மின்னோட்டத்தில் 3·0 மடங்கு மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்கிறது. தொடக்கத் திருக்கம் முழுச் சுமைத் திருக்கத்தில் இரு மடங்காக இருக்கிறது. 2 : 1 விகிதமுள்ள ஒற்றைச் சுருள் மின் மாற்றியைக் கொண்டு இந்த மோட்டாரைத் துவக்கினால் (அ) மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டம், கம்பி மின்னோட்டம், தொடக்கத் திருக்கம் முதலியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும். (ஆ) துவக்கத்தின் போது மோட்டார் முழுச் சுமைத் திருக்கத்தினை அடைய வேண்டுமானால், மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம், அது எடுத்துக்கொள்ளும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றினையும் கண்டுபிடிக்கவும். ஒற்றைச் சுருள் மின் மாற்றியின் விகிதம் = 2 : 1.

தீர்வு :

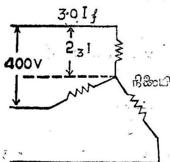
மோட்டார் சுருணையின் ஈறுகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தம் $= \frac{400}{2} = 200$ வோல்ட். மோட்டார் முக்கிளை வடிவில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்வோம்.

ஒற்றைச் சுருள் மின் மாற்றியைக் கொண்டு தொடங்கி வைக்கும் பொழுது, உந்தி மின்னழுத்தம் (phase voltage)

$$= \frac{200}{\sqrt{3}} = 115{\cdot}5 \text{ வோல்ட்டுகள்.}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{மோட்டாரில் பாயும்}\\ \text{மின்னோட்டம்}\end{array}\right\} = I_2 = \frac{115{\cdot}5}{231} \times 3I_f$$

$$= 1.5\, I_f$$



படம் 1-11 (அ)
நேரடி - மின் தொடர் இணைப்பின் போதிருக்கும் நிலைமைகள்

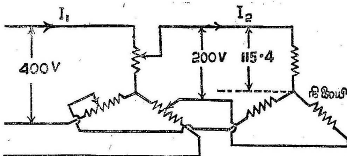
$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{2} = \frac{I_1}{I_2}$$

கம்பி மின்னோட்டம் (line current) $I_1 = \frac{1{\cdot}5}{2} I_f$

$$= 0{\cdot}75\, I_f$$

திருக்கம், மின்னழுத்தத்தின் மதிப்புக்கு நேர் விகிதத்



படம் 1-11 (ஆ)
மின்மாற்றித் தொடக்கியின் போதிருக்கும் நிலைமைகள்

தில் உள்ளதால்,

$T_s \propto E_{ph}^2 \propto 231^2$

ஆனால் $T_s = 2\, T_f$ (கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)

$\therefore\; 2\, T_f \propto 231^2$

11·5 வோல்ட்டுக்கு ஏற்படும் திருக்கம்

$$= \left(\frac{115\cdot5}{231}\right)^2 \times 2\,T_f = 0\cdot5\,T_f$$

(ஆ). தொடக்கத்தின் பொழுது முழுச் சுமைத் திருக்கத்தினைப் பெற மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் உந்தி மின்னழுத்தம் 'V' எனக் கொண்டால்,

$$\frac{V^2}{(231)^2} = \frac{T_f}{T_s} = \frac{T_f}{2\,T_f}$$

$$\therefore\quad V^2 = \left(\frac{231}{\sqrt{2}}\right)^2$$

$$\therefore\quad V = \frac{231}{\sqrt{2}} = 163\cdot3 \text{ வோல்ட்டு}$$

$\therefore$ மோட்டார் மின்னழுத்தம் $= \sqrt{3} \times 163\cdot3$

$= 283$ வோல்ட்டுகள்

மோட்டார் மின்னோட்டம் $= \dfrac{163\ 3}{231} \times 4\,I_f$

$= 2\cdot83\,I_f.$

எடுத்துக்காட்டு 1–3.

ஓர் அணில் கூட்டுத் தூண்டல் மோட்டாரினை முக்கிளை முக்கோணத் தொடக்கியின் மூலம் துவக்கினால், முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தைப்போல் 1·6 மடங்கு மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக் கொள்கிறது. தொடக்கத் திருக்கம் முழுச்சுமைத் திருக்கத்தில் 0 48 மடங்கு. 60% மடை அளவுடைய ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றித் தொடக்கியைப் பயன்படுத்தி மோட்டாரைத் துவக்கினால் கிடைக்கும் தொடக்கத் திருத்தமும், தொடக்க மின்னோட்டமும் முழுச்சுமை அளவுகளில் எவ்வளவு மடங்கு எனக் கணக்கிடவும்.

தீர்வு :

$$I_s = 1\cdot6\,I_f$$

$$\therefore\quad I_s = x^2\,I_{sc}$$

$$1\cdot6\,I_f = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 I_{sc} = \frac{1}{3}\,I_{sc}$$

$$\frac{I_{sc}}{I_f} = 4\cdot8$$

$$\therefore \quad \frac{T_s}{T_f} = x^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_f}\right)^2 S$$

$$0{\cdot}48 = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 (4{\cdot}8)^2 \times S_f$$

$$\therefore \quad S_f = \frac{0{\cdot}48}{1{\cdot}6 \times 4{\cdot}8} = \frac{1}{16}.$$

ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றித் தொடக்கி

$$I_s = x^2 I_{sc}$$
$$= (0{\cdot}6)^2 \cdot 4{\cdot}8 \, J_f$$
$$= 1{\cdot}728 \, J_f. \text{ (கம்பி மின்னோட்டம்)}$$

$$\frac{T_s}{T_f} = x^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_f}\right)^2 \cdot S_f$$

$$= (0{\cdot}6)^2 \times (4{\cdot}8)^2 \times \frac{1}{16}$$
$$= 0{\cdot}36 \times 4{\cdot}8 \times 0{\cdot}3$$
$$= 0{\cdot}5184$$

$$\therefore \quad T_s = 0{\cdot}5184 \, T_f.$$

எடுத்துக்காட்டு 1-4.

ஒரு மூவுந்தித் தூண்டல் மோட்டாரினை இயல்பான மின்னழுத்தத்தினைக் கொடுத்துத் துவக்கினால் இயல்பான முழுச் சுமை மின்னோட்டத்தைப்போல் 6 மடங்கு மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக் கொள்கிறது. அதன் முழுச்சுமை நழுவல் 5%. இந்த மோட்டாரினை ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றித் தொடக்கியைக் கொண்டு துவக்கினால்,தொடக்க மின்னோட்டம் அதன் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தில் இரு மடங்கு உள்ளதெனில், ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றியின் விகிதம் என்ன? தொடக்கத் திருக்கத்திற்கும், முழுச்சுமைத் திருக்கத்திற்கும் உள்ள விகிதத்தைக் கண்டுபிடி.

தீர்வு :

தொடக்க மின்னோட்டம் I_s = இரு மடங்கு முழுச்சுமை மின்னோட்டத்திற்குச் சமம்

மேலும் $I_s = x^2 \cdot I_{sc}$

$$2\,I_f = x^2 \cdot 6\,I_f$$

$$x^2 = \frac{1}{3} = 0{\cdot}3333$$

$$x = \sqrt{0{\cdot}3333} = 0{\cdot}5773$$

∴ ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றியின் விகிதம் $= \frac{1}{0.5773} : 1$

$= 1.732 : 1$

$$\frac{T_s}{T_f} = x^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_f}\right)^2 \cdot S_f$$

$$= \frac{1}{3} \times 6^2 \times 0.05$$

$$= 0.6$$

ஆகவே, தொடக்கத் திருக்கத்திற்கும், முழுச் சுமை திருக்கத் திற்குமுள்ள விகிதம் = 0·6.

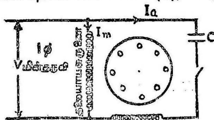
1-3-2-4. ஒருந்தி (Single Phase) தூண்டல் மோட்டார்

ஒற்றைச் சுருளில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தினைச் செலுத் தினால், துடிப்புக் காந்தப்புலந்தான் (pulsating magnetic field) ஏற்படும். இதனால் ஒருந்தி மோட்டார்களில் தொடக்கத் திருக்கம் உண்டாவதில்லை. ஒருந்தி மோட்டார்கள் தாமாகவே துவக்கப் பட்டு ஓட்டுவிப்பதற்குச் சுழலும் காந்தப்புலம் தேவை. ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்டத்தினைக் கொண்டு கீழ்க்கண்ட மூன்று வகையான ஒருந்தி தூண்டல் மோட்டார்களை அமைத்துத் தானாகவே தொடங்கும்படி (self starting) செய்யலாம்.

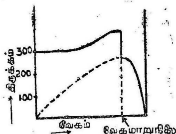
(அ) பிளந்த உந்தி (Split Phase) மோட்டார்

இதில் இருவித நிலையி சுருணைகள் உள்ளன. ஒன்று தலையாய சுருணை (main winding); மற்றொன்று துணை துவக்க சுருணை (auxiliary starting winding). முக்கிய சுருணை கனமான தாமிரக் கம்பியினாலானது. இச் சுருணை மின் தருவியுடன் (electric supply) நேரிடையாக இணைக்கப்படும். துணைச் சுருணையுடன் ஒரு மின்தேக்கியைத் (capacitor) தொடர்நிலையில் இணைத்து, மையவிலகு இணைப்பியின் (centrifugal switch) வழியாக மின்தொடருடன் இணைப்பர் [படம் 1-12(அ)]. இப்படி இணைப்பதன் மூலம் சுழலும் காந்தப்புலம் கிடைக்கிறது. இந்த அமைப்பில் இரு வகையான மின்தேக்கி மோட்டார்கள் உள்ளன. ஒன்று 'மின்தேக்கி துவக்கு' மோட்டார்; மற்றொன்று 'மின்தேக்கி துவக்க-ஓட்ட' (copacitor start run) மோட்டார். மூந்தியதில் ஒரு

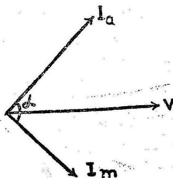
மின்தேக்கி படம் 1-12 (அ)-ல் குறிப்பிட்டுள்ளதுபோல், துணைச் சுருணையின் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த மின்தேக்கி (c) துவக்க கால அளவு வரை மின்சுற்றதரில் இருந்து, மோட்டார் குறிப்பிட்ட வேகத்தினை (முழு வேகத்தில் 75% முதல் 80% வரை) அடைந்தவுடன், மைய விலகு இணைப்பி, திறந்து துணைச்சுருணையினை மின்தொடரிலிருந்து பிரிக்கிறது. அதாவது மின்தோக்கி 'c' தொடக்க கால அளவு வரைதான் மின்சுற்றதரில் இணைந்திருக்கும். படம் 1-12 (ஆ), இம் மோட்டாரின் வேகதிருக்க வளைக்கோட்டினை காட்டுகிறது. படம் 1-12 (இ) இம் மோட்டாரின்



படம் 1-12 (அ).
மின்தேக்கி துவக்கு மேட்டார்



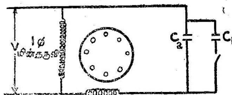
படம் 1-12 (ஆ)
மின்தேக்கி துவக்கு மோட்டாரின்
திருக்க-வேக வளை-கோடு



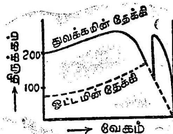
படம் 1-12 (இ).
மின்தேக்கி துவக்கு மோட்டாரின்
நெறிய வரைபடம்

நெறியவரை படத்தைக் (vector diagram) குறிக்கிறது. 'மின்தேக்கி துவக்க - ஓட்ட' மோட்டாரில் மோட்டாரைத் துவக்குவதற்காகப் படம் 1-13 அ)-ல் காட்டியபடி ஒரு மின்தேக்கியும் (c_1), மோட்டார் ஓடிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது, அதன் மின்திறன் காரணியை (power factor) அதிகரிக்கச் செய்யும் பொருட்டு மின்சுற்றதரில் நிலையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மற்றொரு மின்தேக்கி c_2-ம் உள்ளன. படம் 1-13 (ஆ), இம் மோட்டாரின் வேகதிருக்க வளைகோட்டினைக் காட்டுகிறது. மின்தேக்கி துவக்க மோட்டார்கள் குறை தொடக்கத் திருக்கமுடையதால், மின்விசிறி, மின் ஊதிகள் (blowers) போன்றவற்றிற்கும், பிந்திய வகையினை மின் அழுத்திகள்

(compressors), குளிர்ச்சாதனப்பெட்டி போன்றவற்றிற்கும் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.



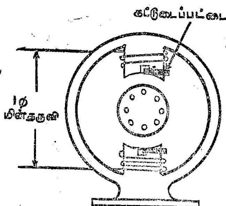
படம் 1-13 (அ).
மின்தேக்கி துவக்க ஓட்ட மோட்டார்



படம் 1-13 (ஆ)
மின்தேக்கி துவக்க மோட்டாரின்
திருக்க-வேக வரை-கோடு

(இ) கட்டுடை முனை மோட்டார் (Shaded pole motor)

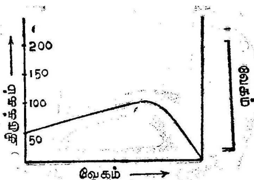
இந்த வகை மோட்டாரின், புலமுனைப் பகுதியின் சுமார் மூன்றில் ஒரு பங்கு படம் 1-14 (அ)-ல் காட்டியபடி தாமிர வளையத் திணல் சூழப்பட்டிருக்கும். இதனைக் கட்டுடைப் பட்டை (shading band) எனக் கூறுவர். புல முனைகள் மாறுதிசை புலச் சுருளை யுடையதாதலால், மாறுதிசை காந்தப் பாய்வு ஏற்படுகிறது. இந்தக் காந்தப் பாய்வு, மின்மாற்றி ஒற்றைச் சுற்று துணைச் சுருளாக (one turn secondary) விளங்கும் கட்டுடை-பட்டையில் தூண்டல் மின்னோட்டத்தினை உண்டாக்குகிறது. இந்த மின்னோட்டமே, கட்டுடையற்ற பகுதியில் உள்ள காந்தப் பாய்வுக்கும் (ϕ_u), கட்டுடைப் பகுதியில் உள்ள காந்தப் பாய்வுக்கும் (ϕ_s) இடையே படம்1-14 (இ)-ல் காட்டியபடி நேர - உந்தி- பெயர்ச்சியினை (time phase displacement) உண்டாக்கு



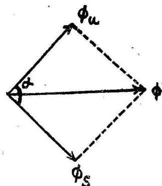
படம் 1-14 (அ).
கட்டுடை முனை மோட்டார்

கிறது. இவ்விரு காந்தப் பாய்வுக்கிடையே இடப்பெயர்ச்சியுடன் (space displacement), நேர உந்திப் பெயர்ச்சியும் இருந்தால், அது சுழலும் காந்தப் பாய்வுக்கு இணையானது. கட்டுடை- முனை மோட்டாரின் சுழலி அணிற்கூடு வகையினைச் சார்ந்தது. இருகாந் தப் பாய்வுகளுக்குமிடையே உள்ள உந்தி கோண-வேறுபாடு

(phase angle difference) மிகக் குறைவாக இருப்பதால், குறைந்த தொடக்கத் திருக்கம் கிடைக்கிறது.



படம் 1-14 (ஆ).
கட்டுடை மோட்டாரின் திருக்க-வேக வளைகோடு

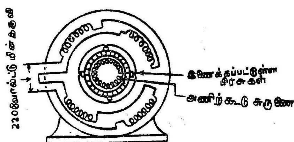


படம் 1-14 (இ).
கட்டுடை மோட்டாரின் நெறிய வரைபடம்

படம் 1-14 (ஆ), இம் மோட்டாரின் வேக-திருக்க வளை கோட்டினைக் காட்டுகிறது. கட்டுடை-முனை மோட்டார் எளிமை யான அமைப்பு கொண்டது. திண்மை வாய்ந்தது. குறைந்த விலையுடையது. நம்பிக்கையுமானது. ஆனால் இம் மோட்டாரினை எதிர்த் திசையில் சுழல வைக்க முடியாது. மின் கடிகாரம், கிராமபோன் (gramophone), சிறிய மின் விசிறிகள் போன்ற குறைந்த மின்திறன் எடுக்கும் கருவிகளில் பயன்படுத்தப்படும்.

(ஈ) விலக்கு-துவக்க தூண்டல் ஓட்ட மோட்டார் (Repulsion start Induction run motor)

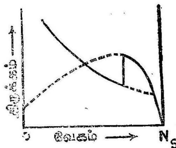
படம் 1-15 (அ)-ல் விலக்கு துவக்க தூண்டல் ஓட்ட மோட்டார்



படம் 1-15 (அ)
விலக்கு துவக்க தூண்டல் ஓட்ட மோட்டார் (பிரசு தூக்கி வகை)

பிரசு தூக்கி வகை (brush lifting type) காட்டப்பட்டுள்ளது.

இம் மோட்டார்ச் சுழலியில் விலக்கு மோட்டாரின் (repulsion motor) சுருணை உள்ளதால், இந்த மோட்டார் தொடக்கத்தில் விலக்கு மோட்டாராக இயங்கி உயர்ந்த தொடக்கத் திருக்கத்தினைக் கொடுக்கிறது. மோட்டாரின் வேகம், அதன் முழு வேகத்தில் 75 முதல் 80 சதவீதம்வரை வந்தவுடன், தூண்டல் மோட்டாரின் செய்வினையால் ஏற்படும் திருக்கம், விலக்கு மோட்டாரின் திருக் கத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். அதே சமயத்தில் மைய விலகு அமைப்பின் மூலம், விலக்கு மோட்டாரின் திசை போக்கு மாற்றி களின் துண்டுகளுக்கு (commutator segments) குறுக்குச் சுற்ற தரிட்டு (short circuited), திசை போக்கு மாற்றி அமைப்பிலிருந்து பிரசுகளை உயரச் செய்து, சாதாரண தூண்டல் மோட்டாராக இயக் கப்படுகிறது. படம் 1-15 (ஆ), இம் மோட்டாரின் வேக திருக்க வளை கோட்டினைக் குறிக்கிறது. உயர்ந்த தொடக்க சுமை (5 குதிரைத்திறன் வரை) கொண்ட பொறிகளாகிய, இறைப்பிகள் (pumps), அழுத்திகள் (compressors), இயந்திரக் கருவிகள் (machine tools) குளிர்ப்பதனப் பெட்டிகள் போன்றவற்றிற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவை ஒருந்தி (single phase) மோட்டார் $\frac{1}{10}$ முதல் 20 குதிரைத்திறன் வரையிலுள்ள மின்திறன் கொண்ட மோட்டார்கள் உள்ளன.



படம் 1-15 (ஆ).
விலக்கு துலக்க தூண்டல் ஒட்ட மோட்டாரின் வேக-திருக்க வளைகோடு

1-3-2-5. ஒத்தியங்கு மோட்டார் (Synchronous motor)

இந்த மோட்டாரில் தொடக்கத் திருக்கம் இல்லை. இதனை, மற்றொரு மோட்டாரின் மூலம் ஒத்தியங்கு வேகத்திற்கு ஓட வைத்துப் பிறகு மின் தருவியுடன் ஒத்து இயங்கும்படிச் செய்யப்படும். இதனைத் தானகத் தொடங்கும்படிச் செய்வதற்கு, இந்த மோட்டாரின் புலமுனைகளில் கூடுபோன்ற சுருணையைப் பொருத்த வேண்டும். அப்படிச் செய்தால், இந்த மோட்டார் தொடக்கத்தில் சாதாரண அணிற் கூட்டு மோட்டாராக இயங்கி, கிட்டத்தட்ட ஒத்தியங்கு வேகத்தினைச் சுமையில்லாத நிலையில் அடைந்தவுடன், நேர் மின்னோட்டக் கிளர்வினை இணைத்து, இந்த மோட்டாரின் சுழலியினை ஒத்தியங்கு வேகத்தில் சுழல வைக்கிறது. முழுச்சுமை அளவில் இரு மடங்கு மின்னோட்டத்தில், தொடக்கத் திருக்கம்

முழுச்சுமைத் திருக்க அளவில் 50 முதல் 100 சதவீதம்வரை பெற முடிகிறது.

தொடக்கத் திருக்கம் அதிகம் தேவைப்பட்டால், ஒத்தியங்கு தூண்டல் மோட்டாரின் உருளைச் சுழலியில் நழுவல்-வளையத் தூண்டல் மோட்டாரின் சுருணையை அமைக்கலாம். இதனால் ஒத்தியங்கு தூண்டல் மோட்டார் தொடக்கத்தில் நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டாராக, உயர் தொடக்கத் திருக்கத்தில் இயக்கப் பட்டு, ஒத்தியங்கு வேகத்திற்கு அருகில் வரும்பொழுது, சுழலிச் சுருணைக்கு நேர் மின்னோட்டத்தினை வழங்கினால், இச் சுழலி ஒத்தியங்கு வேகத்தில் சுழல்கிறது.

மாரு நிலையான வேக இயக்கம் ஒரு குறையாகக் கருதாத இடங்களில் உள்ள விசிறிகள், ஊதிகள், அழுத்திகள் போன்ற கருவிகளுக்கு இம் மோட்டார் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

1-3-3. ஓடும் முறையின் சிறப்பியல்புகள்

1-3-3-1. நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார் (D.C. Shunt Motor)

(அ) வேக-மின்னோட்டச் சிறப்பியல்பு :

கிளை மின்னோட்டம் I_{sh} = கம்பி மின்னோட்டம் (I) — மின்னக மின்னோட்டம் (I_a)

$$I_{sh} = (I - I_a) \qquad \ldots (1\text{-}26)$$

$$\text{ஆனால் } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} \qquad \ldots (1\text{-}27)$$

$$V = E_b + I_a R_a \qquad \ldots (1\text{-}28)$$

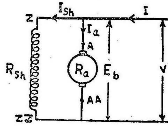
அதாவது கிளை மின்னோட்டத்தின் அளவு (I_{sh}) கொடுக்கப் பட்ட மின்னழுத்தம் மாருதிருக்கும்வரை நிலையாய் இருக்கும்.

சமன்பாடு (1-11)-ன் படி

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi} \qquad \ldots (1\text{-}29)$$

மோட்டாரின் சுமை அதிகரித்தால் மின்னக மின்னோட்டமும் அதிகமாகும். $I_a R_a$ வீழ்ச்சியும் அதிகரிக்கும். எனவே, $(V - I_a R_a)$ யின் மதிப்பு குறையும். இதனால் வேகமும் குறைகிறது. கொடுக்கப் பட்ட மின்னழுத்தம் (applied voltage) நிலையாய் இருப்பதால்,

கிளை புலத்தில் (shunt field) செல்லும் மின்னோட்ட அளவும் நிலையாக இருக்கும். ஆகையால், புலகாந்தப் பாய்வும் (field flux) ஒரு மாறிலியாகும் (constant). எனினும், மின்னக மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்பொழுது, மின்னக எதிர் வினையும் (armature reaction) அதிகமாகின்றது. எவ்வளவுக் கெவ்வளவு மின்னக எதிர்வினை அதிகரிக்கின்றதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு காந்த நீக்கம் (demagnetization) ஏற்படுகிறது. எனவே, புலகாந்தப் பாய்வின் அளவு குறைகிறது. இந்தப் புலகாந்த இறக்கம் மோட்டாரின் வேகத்தை அதிகரிக்கின்றது. எனவே, சமன்பாடு (1-11)-ல் உள்ள தொகுதியின் அளவும் (V-$I_a R_a$), பகுதியின் அளவும் (ϕ) மின்னக மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதால் குறைகின்றன. ஆனால், செய்முறையில் பார்க்கும் பொழுது, மின்னோட்டம் அதிகரித்தால் மின் இயக்கு விசையின் அளவு (V-$I_a R_a$), காந்தபுயத்தின் (ϕ) அளவினைவிட அதிகமாகக் குறைகிறது. முழுச்சுமை வேகம், சுமையற்ற போதுள்ள வேகத்தில் சிறிதே குறைந்து காணப்படும். ஆகையால், செய்முறைப் பணிகளுக்குக் கிளைபுல மோட்டாரை வேக மாறிலி மோட்டாராகக் (constant speed motor) கொள்ளலாம்.



படம் 1-16.
நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார்

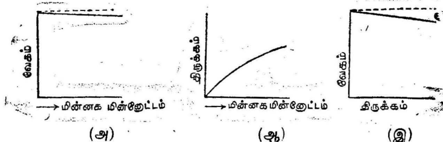
(ஆ) திருக்க மின்னோட்டச் சிறப்பியல்பு

மோட்டாரில் காந்தப்புயம் நிலையாயிருப்பதால், நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டாரின் திருக்கம் சமன்பாடு (1-12)-ன்படி மின்னக மின்னோட்டத்திற்கு (armature current) நேர் விகிதத்திலிருக்கும். அதாவது மின்னோட்டம் அதிகரித்தால், திருக்கமும் அதிகமாகும். உண்மையில் திருக்க அதிகரிப்பு, மின்னோட்ட அதிகரிப்புக்கு நேர் இணையாக இருப்பதில்லை. மின்னக எதிர்வினையின் காந்த இறக்க விளைவினால் திருக்கம் மின்னோட்ட அதிகரிப்புக்கு நேரிணையாக இல்லாமல் சிறிது குறைந்து இருக்கும்.

(இ) திருக்க வேகச் சிறப்பியல்பு

மின்னக மின்னோட்டத்தின் பல்வேறு மதிப்புகளுக்கு இயைந்த திருக்க மதிப்புகளையும் வேகங்களையும் கணக்கிட்டு படம்-1-17 (அ)-(ஆ)-வில் உள்ளபடிவளைகோடுகள் வரையலாம்

இவற்றிலிருந்து திருக்க-வேக வளைகோடு வரையப்படுகிறது [படம் 1-17 (இ)].



படம் 1-17.
மின்னக மின்னோட்டத் திருக்க-வேக வளைகோடுகள்

ஆகவே, கிளைபுல மோட்டாரில், மின்னக மின்னோட்டம் அதிகரித்தாலும், வேகம் கிட்டத்தட்ட மாறுநிலை அளவினையுடையதாயுள்ளது. மின் சுமையினைப் பொருத்தியவுடன், வேகம் மிகக் குறைந்த அளவுதான் வீழ்ச்சியடைகிறது. வேக-திருக்க வளைகோடும், மிகக் குறைந்த அளவில் கீழ்நோக்கிச் செல்லும் ஒரு நேர்கோடாய் [படம் 1-17-(இ)] உள்ளது.

1-3-3-2. தொடர் புல மோட்டார் (Series motor)

நேர் மின்னோட்டத் தொடர் புல மோட்டாரின் பின் மின் இயக்கு விசை $E_b = \frac{\phi Z N P}{60 A}$ அல்லது $N \propto \frac{E_b}{\phi}$ ... (1-30)

தொடர் நிலை புலம், மின்னகம் ஆகியவற்றின் தடை மிகக் குறைவானதால், இவற்றினால் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியினைப் புறக்கணித்து, பின் மின்னியக்கு விசையினை நிலையான அளவுடையதாகக் கொள்ளலாம். இங்ஙனம் கருதினால், மோட்டாரின் வேகம், காந்தப் பாய்விற்கு எதிர் விகிதத்திலிருக்கும் (அதாவது $N \propto \frac{1}{\phi}$).

ஆனால் காந்தப் பாய்வு, மின்னக மின்னோட்டத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருப்பதால், $N \propto \frac{1}{I_a}$ ... (1-31)

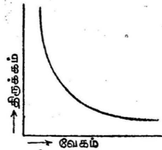
மோட்டாரின் திருக்கம் $T \propto \phi I_a$ ... (1-32)

$$\propto I_a^2$$

$$\text{ஆனால் } N \propto \frac{E_b}{\phi} \propto \frac{E_b}{I_a}$$

$$\propto \frac{E_b}{\sqrt{T}} \quad \text{... (1-33)}$$

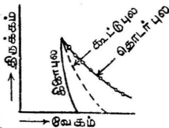
ஆனால் மிகைச் சுமை அளவில், காந்தப் பாய்வு தெவிட்டு நிலையினை அடைவதால், திருக்கம், மின்னோட்ட அளவிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். ஆகவே, தெவிட்டு நிலைக்குப் பிறகு மோட்டாரின் வேகம் $N \propto \frac{E_b}{T}$ தொடர் புல மோட்டாரின் வேக திருக்க வளைகோடு படம் 1-18-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இம் மோட்டாரில், குறைந்த சுமையின்போது மிகுந்த வேகம் இருக்கும். சுமை அதிகரிக்க அதிகரிக்க வேகம் குறைந்து கொண்டே வருகிறது. ஆகவே, இதன் வேக-திருக்க வளைகோடு கீழ்நோக்கிச் செல்லும் ஒரு வளைவு ஆகும்.



படம் 1-18.
தொடர்புல மோட்டாரின் வேக-திருக்க வளைகோடு

1-3-3-3. கூட்டுப்புல மோட்டார் (Compound motor)

நேர் மின்னோட்ட கூட்டுப் புல மோட்டாரின், தொடர் புலத்தினை, கிளை புலத்துடன் சேர்ந்து உதவிபுரியும்படி இணைத்தால் அந்த அமைப்பினைத் 'திரள் கூட்டு மோட்டார்' (cumulative compound motor) என்பர். தொடர்புலம் கிளைபுலத்தினை எதிர்க்கும்படி இணைத்தால், அந்த அமைப்பினை 'வேறுபாட்டுக் கூட்டு மோட்டார்' (differential compound motor) என்று கூறுவர். ஆகவே, இந்தக் கூட்டுப் புல மோட்டாரின் வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்பினை, கிளைபுல மோட்டாரின் சிறப்பியல்பு, தொடர்புல மோட்டாரின் சிறப்பியல்பு ஆகிய வற்றிற்கிடையே இருக்கும்படி, கூட்டு மோட்டாரின் தொடர்புலச் சுருணை, கிளைபுலச் சுருணை ஆகிய வற்றினைச் சரி செய்யலாம். படம் 1-19-ல் மேற்குறிப்பிட்ட மூன்று சிறப்பியல்புகள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.



படம் 1-19.
கூட்டுப்புல மோட்டாரின் வேக திருக்க சிறப்பியல்புகள்

1-3-3-4. மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்

இந்த மோட்டாரின் வேக திருக்க வளைகோடு திட்டத்திட்ட நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல வளைகோட்டினை ஒத்திருக்கிறது. இம் மோட்டாரின் மின்திறன் காரணி குறைந்த சுமையளவின்போது

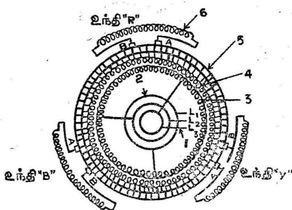
மிகக் குறைவாயிருக்கும். சுமையின் அளவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க இந்த மின்திறன் காரணியும் அதிகமாகும். எனினும், மின்திறன் காரணியின் அளவு எப்பொழுதும் ஒன்றுக்குக் குறைவாகவே இருக்கும்.

1-3-3-5. மூவுந்தி தொடர்நிலை மோட்டார் (Three phase series motor)

இந்த மோட்டாரின் வேக-திருக்க வளைகோடு, நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டாரின் வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்புக்கு அருகில் இருக்கும். சுமைக்கேற்றவாறு மின் திறன் காரணியின் அளவு மாறுபடுவதால், அதற்கேற்ப இச் சிறப்பியல்பிலும் மாறுதல் ஏற்படும். பளு தூக்கும் பணிகளுக்கும், சுமையினை இழுக்கும் பணிகளுக்கும் இந்த வகை மோட்டார் பயன்படும்.

1-3-3-6. சிரேகி மோட்டார் (Schrage Motor)

இது ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட திசை போக்கு மாற்றி மோட்டார். படம் 1-20-ல் காட்டியபடி, இதில் (A. C. commutator motor) சுழலிச்சுருளை, நிலையிச்சுருளை, ஈடு செய்யும் சுருளை என



படம் 1-20.
சிரேகி மோட்டார்

(1) மூவுந்தி மின் தருவி (Three Phase supply)
(2) நழுவல் வளையங்கள்
(3) சுழலிச்சுருளை அல்லது முதன்மைச்சுருளை
(4) நிலையிச்சுருளை அல்லது துணைச் சுருளை
(5) திசை போக்கு மாற்றி (Commutator)
(9) ஈடு செய்யும் சுருளை (Compensated Winding)

மூன்று வகை சுருளைகள் உள்ளன. ஈடு செய்யும் சுருளைகளில் உண்டாகும் மின்னியக்கு விசையினைத் திரட்டி, நிலையிச் சுருளைக்கு உட்செலுத்தப்படும். திசை போக்கு மாற்றி அமைப்பின் (commutator) மீதுள்ள பிரசுகளை (brushes) நகர்த்துவதன் மூலம் இதன்

வேகமாற்று விகிதம் 3 முதல் 1 வரை இருக்கும்படிச் செய்யலாம். இதன் வேக திருக்கச் சிறப்பியல்பு, நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டாரினை ஒத்திருக்கும். இதன் மின்திறன் காரணியும் அதிகம். அதாவது ஒன்றுக்கு அருகில் இருக்கும். பிரசுகளை நகர்த்தி மின் திறன் காரணியையும் மாற்ற முடியும். இதில் பிந்திநிலையும், முந்து நிலையும் பெற முடியும்.

1-3-3-7. ஒத்தியங்கு மோட்டார்

இம் மோட்டாரின் வேகம் ஒத்தியங்கு வேகத்திலிருக்கும். இன்றேல் சுழி மதிப்பினை அடையும். ஆகவே, இதன் வேகம் நிலையானது. இந்த வேகத்தின் அளவு மின்தருவியின் அலை வெண்ணைப் (freque ncy) பொறுத்திருக்கும். எனினும், இது தானாகவே தொடங்கி இயங்கக்கூடியதல்ல. துணை மோட்டார் அல்லது துவக்கத்திற்காக அமைக்கப்பட்ட துணைச் சாதனங்களின் உதவியால் இம் மோட்டாரினைத் தொடக்கி, மின்தருவியுடன் ஒத்து இயங்கும்படி இணைக்கப்படுகிறது. ஒத்தியங்கு தூண்டல் மோட்டாரினைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இக் குறையினை நிவர்த்திக்கலாம். இந்த வகை மோட்டார்களின் புலக்கிளர்வினை மாற்றியமைப்பதன் மூலம் மின்திறன் காரணியின் அளவினை ஒன்றுக்குக் கொணரலாம். அல்லது மின்திறன் காரணியைப் பிந்திய நிலையிலிருந்து (lagging), முந்து நிலைக்கும் (leading) கொணரலாம். அதாவது மிகைக் கிளர்வுடைய (over credited) ஒத்தியங்கு மோட்டார், முந்துநிலை மின்திறன் காரணியிலும், குறைக் கிளர்வுடைய (under excited) ஒத்தியங்கு மோட்டார் பிந்திய நிலை மின்திறன் காரணியிலும் வேலை செய்யும். மின்திறன் அமைப்பில், திறன்காரணியினை அதிகரிக்கச் செய்யவும் இத்தகைய மோட்டார் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

1-3-3-8. ஒருந்தி (Single Phase)

தொடர்நிலை மோட்டார் இதன் வேக-திருக்க சிறப்பியல்பு,நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் சிறப்பியல்புடன் கிட்டத் தட்ட ஒத்திருப்பதால், மாறுதிசை மின்னோட்ட இழுப்பு முறை பணிக்கு இது பெரிதும் பயன்படுகிறது. வெற்றிட வகை தூய்மிப்பு (vacuum cleaner), குளிர்ச்சாதனம் போன்ற வீட்டுச் சாதனங் களில் பயன்படுத்தப்படும் பின்ன அளவு குதிரைத்திறன் கொண்ட பொறிகளுக்கு இந்த வகை மோட்டாரினைப் பயன்படுத்தலாம்.

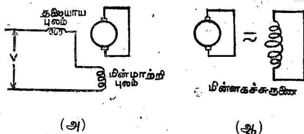
1-3-3-9 ஒருந்தி தூண்டல் மோட்டார்

இந்த மோட்டாரின் வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்பு, நேர்மின் னோட்டக் கிளைபுல மோட்டாரினை ஒத்திருக்கும். இதற்குத் தொடக்

கத்திருக்கம் இல்லாததனால், தனிப்பட்ட அமைப்பினை இத்துடன் இணைத்து, தானாகவே இயங்கும் தன்மையினைப் பெறும்படி செய்ய வேண்டியுள்ளது. விலக்கு துவக்கம், மின்தேக்கி துவக்கம் போன்றவை இங்ஙனம் திருத்தி அமைக்கப்பட்ட ஒருந்தி தூண்டல் மோட்டார்களாகும்.

1-3-3-10. விலக்கு மோட்டார் (Repulsion Motor)

இதன் வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்பு, மாறுதிசை மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் சிறப்பியல்புடன் ஒத்திருக்கும் இதன் அமைப்பு படம் 1-21-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

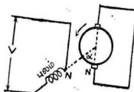


படம் 1-21.
விலக்கு மோட்டார்

இந்த மோட்டாரில் உள்ள மின்னகத்தில் தூண்டல் (induction) முறையில் மின்னகத்தில் மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. இதில் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்ட இரண்டு புலச் சுருள்கள் உள்ளன. தலையாய புலச்சுருள், திருக்கத்திற்கான காந்தப் பாய்வினை வழங்குகிறது. குறுக்குச் சுற்றதரில் பிரசுகளின் மூலம் இணைக்கப்பட்ட மின்னகத்தின் சுருளை குறுக்குச் சுற்ற தரிடப்பட்ட (short circuited) சுருளுக்குச் சமம் [படம் 1-21(ஆ)]. மின்மாற்றி புலத்தின் அச்சும், மின்னக பிரசுகளின் அச்சும் ஒரே திசையில் பொருந்தியிருந்தால், பிரிதின் இணைப்பு (mutual coupling) பெருமமாக இருக்கும். ஆகவே, மின்னக பிரசுகளுக் கிடையே ஏற்படும் மின்னியக்கு விசைக்குக் காரணமாய் இருப்பது மின்மாற்றிப் புலமாகும். மின்னக பிரசுகள் குறுக்குச் சுற்றதரிடப் பட்டிருப்பதால், மின்னகத்தினூடே பாயும் மின்னோட்டம் மிகுந்த வலிமையுடையதாயிருக்கும். திருக்க விளைவுக்குக் காரணமாயிருக் கும் மின்னக மின்னோட்ட ஆக்கக் கூறு (component) இங்ஙனம் தூண்டல் முறையில் உண்டாகிறது.

தலையாய புலத்தினையும்,மின்மாற்றி புலத்தினையும் படம் 1-22-ல் காட்டியபடி ஒன்றாக இணைத்து, ஒரு புலத்தினால் ஆனதாகக் கொள்வோம். α என்பது புலம், மின்னகம் ஆகியவைகளின் அச்சுகளுக்கு இடையேயுள்ள கோணம். ϕ என்பது மொத்த காந்தப் பாய்வு ஆனால், கிளர்வு காந்தபாய்வு $= \phi \sin \alpha$ மின்மாற்றி காந்தப் பாய்வு $= \phi \cos \alpha$

$\therefore$ மின்னக மின்னோட்டம் $\propto \phi \cos \alpha$.



படம் 1-22
தலையாய புலமும், மின்மாற்றிப் புலமும் இணைக்கப்படல்

$$\text{திருக்கம்} \propto (\text{கிளர்வுப் பாய்வு}) \times (\text{மின்னக மின்னோட்டம்})$$
$$\propto \phi \sin \alpha \times \phi \cos \alpha$$
$$\propto \phi^2 \sin 2\alpha \qquad \ldots (1\text{-}34)$$

ஆகவே, இந்த மோட்டாரின் பெரும திருக்கம் கிடைக்க வேண்டுமானால் $2\alpha = 90^\circ \quad \therefore \alpha = 45^\circ$.

கோணம் $\alpha = 0^\circ$ ஆனால், திருக்க மதிப்பும் சுழி மதிப்பாகும்.

கோணம் $\alpha = 90^\circ$ ஆனால், திருக்க மதிப்பும் சுழி மதிப்பாகும். கோணம் "α" சுழி மதிப்பாக இருக்கும் பொழுது, பெரும மின்னக மின்னோட்டம் உண்டு. ஆனால் கிளர்வுப் பாய்வு இல்லை. கோணம் "α" 90° ஆக இருக்கும் பொழுது, கிளர்வுப் பாய்வு பெருமமாக இருக்கும். ஆனால், மின்னகத்தில் மின்னோட்ட மிராது. ஆகவே, மோட்டாரின் திருக்கம் மின்னகப் பிரசுகளின் கோண முந்து நிலையினைப் (angle of the lead of the brushes) பொறுத்துள்ளது.

குறைந்த மின்னோட்ட அளவில் உயர் தொடக்க திருக்கமும், வேக மாற்றமும் தேவைப்படும் பொறிகளாகிய இறைப்பிகள், அழுத்திகள், பளுதூக்கிகள் போன்றவற்றிற்கு விலக்கு மோட்டார் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

1-3-4. வேகக் கட்டுப்பாடு (Speed Control)

நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்களின் வேகம்

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

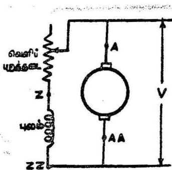
$$\text{அல்லது } N = K \frac{V - I_a R_a}{\phi} \qquad \ldots (1\text{-}35)$$

இதில் N என்பது மோட்டாரின் வேகம்-சுற்றுகள்/நிமிடம்
ϕ என்பது ஒரு புலமுனையின் காந்தப் பாய்வு
V என்பது மின் தருவியின் மின்னழுத்தம்
R_a என்பது மின்னகச் சுற்றதரின் மின் தடை
I_a என்பது மோட்டார் மின்னகத்தில் பாயும் மின்னோட்டம்

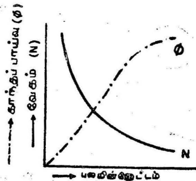
ஆகவே, மின் தருவி அமைப்பின் மின்னழுத்தம் நிலையாக இருக்கும்பொழுது, நேர்மின்னோட்ட மோட்டார்களில் இரு வழிகளில் மோட்டார் வேகத்தினை மாற்றலாம். (அ) காந்தப் பாய்வு மாற்றம் (ϕ) அல்லது புலக்கட்டுப்பாடு (field control) (ஆ) மின்னகச் சுற்றதரில் மின் தடை மாற்றம் (R) அல்லது மின் தடை கட்டுப்பாடு (resistance control).

1-3-4-1. நேர்மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டாரின் வேகக் கட்டுப்பாடு

(அ) புல-கட்டுப்பாடு (Field Control): கிளை புல மோட்டாரின் புலச் சுற்றதரில் மாறும்-மின் தடையினைப் [படம் 1-23 (அ)]-ல் காட்டியபடி புலச்சுருளுடன் தொடர்நிலையில் வெளிப்புறமாக இணைத்து, மின் தடை அளவினை மாற்றினால், புலமின்னோட்ட அளவும் மாறுபடுகிறது. இதனால் காந்தப்பாய்வின் அளவும் மாறுபடுகிறது. இந்த முறையில் வெளிப்புற மின் தடை அளவு சுழிமதிப்பினை அடைந்தால், சிறும (minimum) வேகம் கிடைக்கும்.



படம் 1-23 (அ).
புல-கட்டுப்பாடு



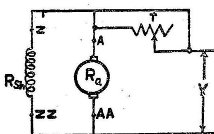
படம் 1-23 (ஆ).
புல மின்னோட்டம்

அதாவது திட்டவரை (rated) மின்னழுத்தத்தில், முழு புலமும் கிளர்வுற்றால், மோட்டார் சிறும வேகமாகிய அதன் அடிப்படை

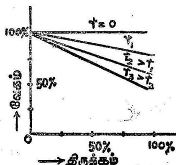
வேகத்தில் (base speed) ஓடும். மாறாக வெளிப்புற மின்தடை அளவினைச் சுழி மதிப்பிலிருந்து அதிகரித்துக் கொண்டே வந்தால், புலமின்னோட்ட அளவு குறைந்து, மோட்டாரின் வேகம் அதிகரிக்கும் [படம் 1-23 (ஆ)]. மின்னகத்தின் காந்த இயக்கு விசையினால் (magneto motive force) தலையாய புலத்தில் ஏற்படும் காந்த இறக்க விளைவினைப் பொறுத்து, புல மின்னோட்ட அளவினை ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லை வரை குறைக்கலாம். புல மின்னோட்டத்தினை இந்த எல்லைக்கு மேல் குறைத்து வேக அதிகரிப்பினை உண்டாக்கினால், உயர் வேகத்தில் மோட்டார் நிலையற்று, ஊசலாடி, திசைபோக்கு மாற்றி அமைப்பில் இடையூற்றினை விளைவிக்கும்.

இம் முறையில் மாற்றப்படும் மோட்டாரின் வேகங்கள் அதன் அடிப்படை வேகத்தினைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

(ஆ) மின்னக மின்தடை கட்டுப்பாடு (Amphere Resistance Control): கிளைபுல மோட்டாரின் வேகம் $N \propto \frac{V - I_a R}{\phi}$. எனவே மோட்டாரின் வேகத்தினை, மின்னகச் சுற்றதரில் உள்ள மின்தடையினைப் படம்1-24 (அ)-ல் காட்டியபடி இணைத்து மாற்றியமைப்பதன் மூலம், மாற்றலாம். மோட்டாரின் திருக்கமானது காந்தப்



படம் 1-24 (அ)



படம் 1-24 (ஆ)

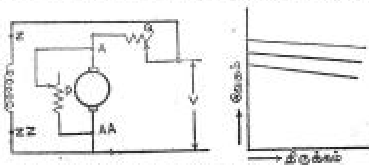
மின்தடைக் கட்டுப்பாடு

புலப்பாய்வு (ϕ), மின்னக மின்னோட்டம் I_a ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனுக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். கிளைபுல மோட்டாரில் காந்தப்பாய்வு (ϕ) நிலையாயிருப்பதால், $N \propto V - I_a R$. மாறு நிலையான திருக்கத்திற்கு, மின்னக மின்னோட்ட அளவு நிலையானதாயிருக்க வேண்டும். ஆகவே, வேகத்தினை (N) மாற்ற வேண்டு

மாறும், மின்னகச் சுற்றதனின் மின்தடை "R" ஐ மாற்றவேண்டும். R-ன் சிறுமமதிப்பு R_a அதாவது மின்னகத்தின் மின்தடை அளவு. R-ன் பெரும அளவு $R_a + r$ இதில் 'r' என்பது மின்னகத்துடன் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்படும் மின்தடையின் அளவு.

இம் முறையில் மாற்றப்படும் வேகங்கள், மோட்டாரின் அடிப்படை வேகத்தினைவிடக் குறைவாக இருக்கும். இம் முறையில் மின்தடையில் அதிக மின்னோட்டம் செல்வதால், மின் இழப்பு (losses) அதிகம். ஆகவே, பயனுறு திறன் குறைவு. மேலும், மின்சுமை மாறும்போது வேக மாற்றம் அதிகமாக ஏற்படும். இது படம் 1-24 (ஆ)-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

(இ) மின்னகக் கிளைவழி மின்தடை இணைப்பு (Shunted armature connection): மின்தடைக் கட்டுப்பாட்டில் உள்ள குறை என்னவெனில், மின்சுமை திடீரென்று நீக்கப்பட்டால், மோட்டாரின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. ஏனெனில், மின்னக மின்னோட்டம் குறைந்தால், மோட்டாரின் வேகம் அதிகரிக்கும். இந்தக் குறையினை நிவர்த்திக்க, மின்னகத்தின் இணை நிலையில் படம் 1-25-ல் காட்டியதுபோல் ஒரு மாறும் மின்தடையினை இணைக்க வேண்டும். இப்படிப்பட்ட வகையில், இரு மின்தடைகளாகிய



படம் 1-25.

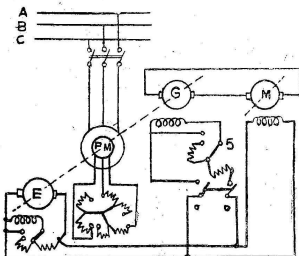
மின்னகக் கிளைவழி மின்தடை இணைப்பு முறை

P, Q ஆகியவற்றினைச் மாற்றிச் சரி செய்வதின்மூலம் மோட்டாரின் பல்வேறு வேக அளவினைப் பெறலாம். இந்த வேகங்கள் அடிப்படை வேகத்தினைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

1-3-4-2 வார்டு-லியோனார்ட் கட்டுப்பாடு (Ward-Leonard Control)

சுரங்க பாரந்தூக்கி (mine hoist), உருள் ஆலைகள் (rolling mills), கலத்தின் இயக்கு கருவியமைவு (ship's steering-gear),

காகிதம் செய்தல், பருத்தி ஆடை அச்சுப்பொறி (cotton printing machine) போன்றவற்றிற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார்களுக்கு, மிகுந்த அளவு வேகக் கட்டுப்பாடு தேவை. மின் தடைத் தொடர்ச்சியின் மூலம் வேகத்தினைக் கட்டுப்படுத்தினால் ஏராளமான மின் திறன் இழப்பு ஏற்படுகின்றது என்று முன்னமே பார்த்தோம். மோட்டார் – ஜெனரேட்டர் (motor-generator) தொகுப்பினைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இத்தகைய மின்திறன் இழப்பினைத் தவிர்க்கலாம். இதன் அமைப்பினைப் படம் 1-26-ல் காணலாம்.



படம் 1-26.

வார்டு லியோனர்ட் கட்டுப்பாட்டின் அமைப்பு

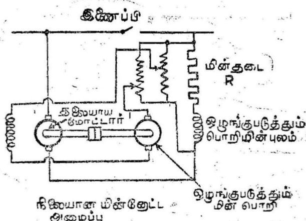
வார்டு-லியோனர்டு அமைப்பு இயங்கும் விதம்:

M என்ற மோட்டாருக்கு மின்திறனை *G* என்ற ஜெனரேட்டர் அளிக்கிறது. ஆனால், *G* என்னும் ஜெனரேட்டரைத் தூண்டல் மோட்டார் அல்லது ஒத்தியங்கு மோட்டாரைக் கொண்டு ஓட்டுவிக்கப்படுகிறது. இத்தகைய முதன்மை இயக்கியின் இருசுடன் *E* என்ற கிளர்வி (exciter) ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த கிளர்வி, மோட்டார் (*M*) ஜெனரேட்டர் (*G*) போன்றவற்றின் புலச் சுருள்களுக்கான மின்திறனை அளிக்கிறது. முதன்மை இயக்கி மோட்டாரினைத் துவக்குவதன் மூலம் வார்டு-லியோனர்ட் தொகுப்

பினை இயங்க வைக்கலாம். ஜெனரேட்டர் G-ன் புலத்தடை மாற்றியை படிப்படியாகக் குறைத்துக் கொண்டு வந்தால், ஜெனரேட்டரினை அதன் திட்ட வரை வேகத்திற்குக் கொண்டுவர முடிகிறது. மோட்டார் M-ன் வேகத்தினை, ஜெனரேட்டர் G-ல் உள்ள புலத்தடை மாற்றியைக் கொண்டு கட்டுப்படுத்தலாம். இந்த அமைப்பின் மூலம் மோட்டாரினைப் படிப்படியாகத் துவக்குவதற்கும், மோட்டாரின் வேகத்தினை 100 பங்கிலிருந்து, பங்குக்குக் கொணரவும் முடியும். மோட்டார் Mஐ எதிர்த்திசையில் இயக்குவிக்க, மாற்று இணைப்பியின் மூலம் ஜெனரேட்டர் G-ன் புலச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்ட திசையை மாற்றி அமைக்கலாம்.

சுரங்க பாரந்தூக்கிகள், உருள் ஆலைகள் போன்ற இடங்களில், மோட்டார்களின் மின்சுமை திடுமென்று மாறுபடுந் தன்மையுடையன. அத்தகைய மோட்டார்களுக்கு இல்க்னர் அமைப்பு (Ilgner system) என்ற திருந்திய வார்டு லியோனார்டு முறையை மேற்கொள்ளலாம். இந்த அமைப்பில் மோட்டார் இருசுடன் பாரமான சமனுருள் (flywheel)பொருத்தப்படும். சமனுருள் பொருத்தப்பட்ட மோட்டார்களின் வேகம்-சுமை சிறப்பியல்பு கீழ்நோக்கி இறங்கும் (drooping) வளைகோடாய் இருக்கும். அதாவது மோட்டார் இருசில் பொருத்தப்படும் சுமை அதிகமானால், மோட்டாரின் வேகம் குறையும்.

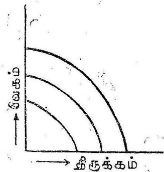
நிலையான மின்னோட்ட அமைப்பு (The constant current system): கலங்கள் (ships), குழிதோண்டும் இயந்திரம் (excavators) போன்ற



படம் 1-27.
நிலையான மின்னோட்ட அமைப்பு

பொறிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார்கள், இயக்கம் தடைபட்டு நிற்கும் நிலையினை (stalled) அடையும் சந்தர்ப்பங்கள்

நிகழக்கூடும். அப்படிப்பட்ட பணிகளுக்கு, நிலையான மின்னோட்ட அமைப்பு மேன்மையுடையதாகக் கருதப்படும். இந்த அமைப்பில், ஒரு நேர்மின்னோட்ட மின்னாக்கி, தனிச்சிறப்பு வாய்ந்த கிளர்வின் (special exciter), எல்லா மின்சுமை நிலைமைகளிலும், நிலையான மின்னோட்டத்தினைக் கொடுக்கிறது. இந்த அமைப்பில் மின்னழுத்தம் சுமைக்கு ஏற்றவாறு மாறுதலடைந்தாலும், மின்னோட்டம் எப்பொழுதும் நிலையாய் இருக்கும். படம் 1-27-ல் காட்டியபடி தலையாய மோட்டாரின் புலம், ஒழுங்குபடுத்தும் மின்பொறியின் புலம் அதனுடன் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்தடைச் சுற்றதருக்குக் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ள மடை (tapping) யின் வழியாகப் பெறும் மின்னழுத்தத்தின் மூலம் கிளர்வடைகிறது. இந்த அமைப்பின் மூலம், தலையாய மோட்டாரின் புலச்சுருளுக்கு, மின்னழுத்த மாற்றம் கூட்டியோ அல்லது குறைத்தோ கொடுக்க முடிகிறது. மோட்டாரின் இருசுத் தண்டுடன், ஒழுங்குபடுத்தும் பொறி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த மோட்டாரின் மின்னகம், தலையாய மோட்டாரின் புலச் சுருளுடன் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், ஒழுங்கு படுத்தும் மோட்டாரின் மின்னியக்கு விசை, தலையாய மோட்டாரின் புல மின்னோட்டத்தை எதிர்க்கிறது. சுமையின் அளவு அதிகரித்தால், மோட்டாரின் வேகம் குறையும். இந்த வேகக் குறைவு, ஒழுங்குபடுத்தும் மோட்டாரில் ஏற்படும் மின்னியக்கு விசையின் அளவினைக் குறைக்கச் செய்கிறது. இதனால் தலையாய மோட்டாரின் புலமின்னோட்டமும், அம் மோட்டார் திருக்கமும் அதிகரிக்கிறது. மோட்டாரின் இயக்கம் தடைபட்டு நிற்கும்பொழுது திருக்கம் பெரும மதிப்பினை அடைகிறது. மின்னழுத்தப் பகுப்பின் (potential divider) பல்வேறு நிலைமைகளில் கிடைக்கும் வேக - திருக்கச் சிறப்பியல்புகள் படம் 1-28 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 1-28.
பல்வேறு நிலைமைகளில் கிடைக்கும் வேக-திருக்க சிறப்பியல்புகள்

மோட்டார் தேக்க நிலையிலிருந்து, பெரும திருக்கத்தில், மின்னோட்ட அதிகரிப்பின்றியே, முழு வேகக் கட்டுப்பாட்டினைப் பெறலாம். ஆகவே, மின்னோட்ட அளவு, சுமையினைச் சார்ந்திராமல், நிலையாயிருப்பதால், எவ்வளவு மோட்டார்கள் வேண்டு

மாறுலும், இந்த வகையில் தொடர் நிலையில் இருக்கும்படி இணைக்க லாம். இதனுல் மின்வடத்திற்கான (cable) செலவு குறைவதுடன், தாமிர இழப்புகளின் அளவும் குறைகிறது. மோட்டாரினை நிறுத் துவதற்கு இணைப்பி "S" ஐ மூடினுல் போதுமானது.

எடுத்துக் காட்டு 1-5.

220 வோல்ட்டு 20 குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்) கொண்ட ஒரு கிளைபுல நேர்மின்னேட்ட மோட்டாரின் புலம், மின்னகம் ஆகிய வற்றின் தடைகள் முறையே 160 ஓம், 0·3 ஓம். மோட்டாரின் வேகத்தில் 25% குறைப்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட நிலைமைகளில் மின்னகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படும் மின்தடையின் அளவுகளைக் கணக்கிடுக. மோட்டாரின் பயனுறுதிறன் 78 சத வீதம் எனக் கொள்க.

(அ) மோட்டாரின் திருக்கம் மாருத மதிப்புடையது.

(ஆ) மோட்டாரின் திருக்கம் அதன் வேகத்தில் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது,

(அ) தீர்வு :

மோட்டாரின் வெளிப்பாட்டுத்திறன் $= 20 \times 735{\cdot}5$

$= 14{,}710$ வாட்கள்

மோட்டாரின் உள்ளீட்டுத்திறன் $= \dfrac{14710}{0{\cdot}78} = 18860$ வாட்கள்

மோட்டாரின் முழுச்சுமை மின்னேட்டம் $= \dfrac{18860}{220}$

$= 85{\cdot}73$ ஆம்பியர்கள்

மோட்டாரின் இயல்பான வேகமாகிய 'N'-ல் ஏற்படும் திருக்கம் T_1 என்றும், இயல்பான வேகத்தின் 75 சத வீதத்தில் ஏற்படும் திருக்கம் T_2 என்றும் கொண்டால்.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\phi \; I_{a1}}{\phi \; I_{a2}} = \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$

ஆனுல் $T_1 = T_2$. ஆகவே $I_{a1} = I_{a2}$. மோட்டாரின் புல மின்னேட்டம் $I_{sh} = \dfrac{220}{160} = 1{\cdot}38$ ஆம்பியர்.

∴ இயல்பான வேகத்தின் போதிருக்கும் மின்னகத்தின் மின்னோட்டம் $I_{a1} = (85{\cdot}73 - 1{\cdot}38) = 84{\cdot}35$ ஆம்பியர்.

ஆகவே $I_{a2} = 84{\cdot}35$ ஆம்பியர்கள்.

மோட்டாரின் குறைந்த வேகம் அதன் இயல்பான வேகத்தில் 75 சத வீதம் உள்ளபோது மின்னகச் சுற்றில் உள்ள மொத்த தடை R எனக் கொண்டால்,

$$\frac{E_{b2}}{E_{b1}} = \frac{V - I_{a2}R}{V - I_{a1}R_a} = \frac{220 - 84{\cdot}35R}{220 - 0{\cdot}3 \times 84{\cdot}35}$$

$$= \frac{220 - 84{\cdot}35R}{220 - 25{\cdot}31}$$

ஆனால்,

$$\frac{E_{b2}}{E_{b1}} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{\phi_2}{\phi_1} = 0{\cdot}75 \qquad (\because \phi_1 = \phi_2)$$

அல்லது

$$220 - 84{\cdot}35\,R = 194{\cdot}7 \times 0.75 = 146$$

$$\because R = \frac{74}{84{\cdot}45} = 0{\cdot}8762$$

மின்னகத்தோடு இணைக்கப்படும் கூடுதலான மின்தடையின் அளவு $= (0{\cdot}8762 - 0{\cdot}3) = 0{\cdot}5762$ ஓம்.

(ஆ) $$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = (0{\cdot}75)^2 = 0{\cdot}5625$$

ஆனால், $$\frac{T_2}{T_1} = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} \times \frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{I_{a2}}{I_{a1}}$$

$$\because I_{a2} = 0{\cdot}5625 \times I_{a1}$$

$$= 0{\cdot}6625 \times 84{\cdot}35 = 47{\cdot}44 \text{ ஆம்பியர்}$$

ஆனால், $E_{b2} = 0{\cdot}75 \times E_{b1} = 0{\cdot}75\,(220 - 0{\cdot}3 \times 84{\cdot}35) = 146$

$$E_{b2} = 146 = V - I_{a2}\,R$$

$$= 220 - 47{\cdot}44\,R$$

$$\because R = \frac{220 - 146}{47{\cdot}44} = \frac{74}{47{\cdot}44} = 1{\cdot}56 \text{ ஓம்}$$

மின்னகத்தோடு தொடர்நிலையில் இணைக்கும் மின்தடையின் அளவு $= (1.56 - 0.3) = 1{\cdot}26$ ஓம்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 1–6.

200 வோல்ட்டு, 10 கிலோ வாட்திறன் கொண்ட ஒரு நேர்மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார், 500 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடும்பொழுது மின் தருவியிலிருந்து 50 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக்கொள்கிறது. மோட்டாரின் மின்னகம், புலம் ஆகியவற்றின் மின்தடை முறையே 0.2 ஓம், 200 ஓம். புலச்சீர்படுத்தி மூலம் மோட்டாரின் வேகத்தினை 800 சுற்றுகள் நிமிடத்திற்கு அதிகரிக்க வேண்டும். சுமைத்திருக்கம் மாறாத நிலையில் இருப்பதாகக் கொண்டால், சீர்படுத்தித் தடையின் மதிப்பினைக் கண்டுபிடிக்கவும். இந்த மோட்டாரின் காந்தச் சிறப்பியல்பின் வரிவடிவம் ஒரு நேர்கோடாய் உள்ளதாகக் கொள்க.

புல மின்னோட்டம் $I_{sh_1} = \frac{200}{200} = 1$ ஆம்பியர்

$\because$ மின்னக மின்னோட்டம் $I_{a1} = (50-1) = 49$ ஆம்பியர்

சுமைத்திருக்கம் மாறா நிலையிலிருப்பதால்

$$I_{a1}\ \phi_1 = I_{a2}\ \phi_2$$

$$I_{a1} = I_{a1} \times \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

$$= 49 \times \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

மேலும் $\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_{b1}}{E_{b2}} \times \frac{\phi_2}{\phi_1}$

$$= \frac{V - I_{a1} R_a}{V - I_{a2} R_a} \times \frac{\phi_2}{\phi_1}$$

$$\frac{500}{800} = \frac{200 - 49 \times 0{\cdot}2}{200 - 49 \times 0{\cdot}2 \times \frac{\phi_1}{\phi_2}} \times \frac{\phi_2}{\phi_1}$$

$\frac{\phi_1}{\phi_2} = x$ எனக் கொண்டால்

$$\frac{5}{8} = \frac{190{\cdot}2}{200 - 9{\cdot}8\,x} \times \frac{1}{x}$$

$$5\,x\,(200 - 9{\cdot}8\,x) = 1521{\cdot}6$$

$$x^2 - 20{\cdot}4\,x + 31{\cdot}05 = 0$$

இச் சமன்பாட்டைத் தீர்த்தால்

$$x = 10{\cdot}2 \pm 8{\cdot}54$$

$$= 18{\cdot}74 \text{ அல்லது } 1{\cdot}66$$

அதிக மதிப்பு (18·74) பொருந்தாது.

ஆகவே, $\frac{\phi_1}{\phi_2} = 1{\cdot}66$

மொத்த புலச் சுற்றதர் மின்தடை

$$= \frac{1{\cdot}66}{1} \times 200 = 332 \text{ ஓம்.}$$

புலச் சீர்படுத்தியின் தடை

$$= 332 - 200 = 132 \text{ ஓம்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-7.

200 வோல்ட்டு, 10 குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்) கொண்ட நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார் 500 சுற்றுகள் நிமிட வேகத்தில் ஓடுகிறது. அதன் புலம், மின்னகம் ஆகியவற்றின் தடைகள் முறையே 206 ஓம், 0·20 ஓம். மோட்டாரின் இயக்கம் தடைபட்டு நிற்கும் திருக்கத்திற்கும், அதன் முழுச்சுமைத் திருக்கத்திற்குமுள்ள விகிதம் 10 எனக் கொண்டால், மின்னகச் சுற்றதரில் இணைக்கப் படும் மின்தடையின் மதிப்பென்ன? இத் தடையின் போதிருக்கும் முழுச்சுமைத் திருக்கத்தில் ஏற்படும் மோட்டாரின் வேகத்தினையும் கண்டுபிடிக்கவும். மோட்டாரின் பயனுறு திறன் 80 சதவீதம் எனக் கொள்க.

$$\text{மோட்டாரின் முழுச்சுமை மின்னோட்டம்} = \frac{10 \times 735{\cdot}5}{0{\cdot}8 \times 200}$$

$$= 45{\cdot}97 \text{ ஆம்பியர்}$$

$$\text{கிளைபுல மின்னோட்டம் } I_{Sh} = \frac{200}{206} = 0{\cdot}97 \text{ ஆம்பியர்}$$

$$\therefore \text{ மின்னக மின்னோட்டம்} = (45{\cdot}97 - 0{\cdot}97) = 45 \text{ ஆம்பியர்}$$

கிளைபுல மோட்டாரில், காந்தப் பாய்வு மாறா நிலையிலிருப் பதால், அதன் திருக்கம் மின்னக மின்னோட்டத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{\text{இயக்கம் தடைபட்டு நிற்கும் திருக்கம்}}{\text{முழுச்சுமை திருக்கம்}} = \frac{\text{இயக்கம் தடைபட்டு நிற்கும் மின்னோட்டம்}}{\text{முழுச்சுமை மின்னோட்டம்}}$$

$$10 = \frac{I_s}{45}$$

$$\therefore \quad I_s = 450 \text{ ஆம்பியர்}$$

மின்னகத்தோடு தொடர் நிலையில் இணைக்கப்படும் மின்தடை 'γ' எனக் கொண்டால், மோட்டாரின் இயக்கம் தடைபட்டு நிற்கும் போது பாயும் மின்னோட்டம் $I_s = \frac{200}{0{\cdot}2+\gamma} = 450$

$$\therefore \quad 90 + 450\,\gamma = 200$$

$$\gamma = \frac{110}{450} = 0{\cdot}2444 \text{ ஓம்கள்.}$$

மின்னகச் சுற்றதரில், மின் தடையினை தொடர் நிலையில் இணைக்கப்படாத நிலையில், முழுச் சுமையின் போதிருக்கும் பின் மின்னியக்கு விசை $E_{b1} = 200 - 45 \times 0.2 = 191$ வோல்ட் மின்தடை இணைக்கப்பட்ட நிலையில், முழுச் சுமையின் போதிருக்கும் பின் மின்னியக்கு விசை

$$E_{b2} = 200 - 45\,(0{\cdot}2 + 0{\cdot}2444)$$

$$= (200 - 20) = 180 \text{ வோல்ட்டு}$$

ஆனால், $\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{N_1}{N_2}$

$$\therefore \quad \frac{191}{180} = \frac{500}{N_2}$$

$$\therefore \quad N_2 = \frac{180 \times 500}{191} = 471 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-8.

440 வோல்ட்டு, 500 குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்) கொண்ட ஒரு தனிக் கிளர்வு மோட்டாரை வார்டு லியோனார்டு முறையில் (Ward Leonard method) வேகக் கட்டுப்பாடு செய்ய வேண்டும். 600 சுற்றுகள்/நிமிடம் வேகத்தில் ஓடும் 440 வோல்ட்டு மின்னாக்கி யின் மூலம் அந்த மோட்டார் இயக்கப்படுகிறது. மோட்டாரை 300 சுற்றுகள்/நிமிடம் வேகத்தில் ஓடவைக்க வேண்டுமானால்,

மின்னாக்கிக்குத் தேவைப்படும் கிளர்வு மின்னோட்டத்தினைக் கண்டு பிடிக்கவும். மோட்டாரின் திருக்கம் மாறா நிலையில் பயனுறு திறன் 80 சதவீதம் என்றும் கொள்க. மேலும், மோட்டாரின் மின்னகம், மின்னாக்கியின் மின்னகம், மோட்டாரின் புலம் ஆகியவற்றின் தடைகள் முறையே 0 01, 0·02, 0·44 ஓம்கள் எனவும் கொள்க.

மின்னாக்கியின் திறந்த சுற்றதர் சிறப்பியல்பு பின்வருமாறு :

புல மின்னோட்டம் (ஆம்பியர்)	1·0	2	3	4
மின்னக மின்னழுத்தம் (வோல்ட்)	150	290	400	475

$$\left.\begin{array}{r}\text{முழுச்சுமையின் போதுள்ள}\\ \text{மோட்டார் மின்னழுத்தம்}\end{array}\right\} = \frac{500 \times 735{\cdot}5}{0{\cdot}8 \times 440}$$

$= 1042$ ஆம்பியர்கள்

மோட்டார் புல மின்னோட்டம் $= \frac{440}{44} = 10$ ஆம்பியர்கள்.

மோட்டாரின் மின்னக மின்னோட்டம் $= (1042 - 10) = 1032$· ஆம்பியர்கள். பின் மின்னியக்குவிசை $= 440 - 1032 \times 0.01 = 429{\cdot}68$ வோல்ட். 300 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் மோட்டார் மின்னகத்தின் பின் மின்னியக்கு விசை

$$= 429{\cdot}68 \times \frac{300}{600} = 214{\cdot}84 \text{ வோல்டு}$$

மோட்டாரின் திருக்கம் அதே அளவில் இருப்பதால், அதன் கிளர்வும் அதே அளவில் இருக்கும். மோட்டாரின் மின்னக மின்னோட்டமும் மாறா நிலையில் இருக்கும். மின்னாக்கியின் மின்னக மின்னோட்டம் மோட்டார் மின்னக மின்னோட்டத்திற்குச் சமம்.

மின்னாக்கியில் உண்டாகும் மின்னியக்கு விசை

= மோட்டார் மின்னியக்கு விசை + மோட்டார் மின்னாக்கி ஆகியவற்றின் மின்தடை வீழ்ச்சி.

$= 214.84 + 1032\,(0{\cdot}01 \times 0{\cdot}02)$

$= (214{\cdot}84 + 30{\cdot}96) = 245{\cdot}8$ வோல்ட்டு

இந்த மின்னியக்கு விசைக்கு ஏற்ற, மின்னாக்கியின்

கிளர்வு மின்னோட்டம் $= 1 + \frac{245{\cdot}8 - 150}{290 - 150} \times (2-1)$

$= 1{\cdot}685$ ஆம்பியர்.

[குறிப்பு : மின்னாக்கியின் திறந்த சுற்றதர்ச் சிறப்பியல்பின் வரி வடிவத்தினை வரைந்து 245·8 வோல்டுக்கு ஏற்ற கிளர்வு மின்னோட்டத்தினைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.]

1-3·4·3. நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் வேகக் கட்டுப்பாடு

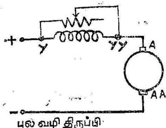
நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் வேகத்தினை கீழ்க்கண்ட முறைகளில் கட்டுப்படுத்தலாம் :

(அ) புல-கட்டுப்பாடு (Field control)

(ஆ) வழங்கும் மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாடு (Applied voltage control)

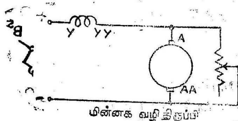
(அ) புல - கட்டுப்பாட்டினைக் கீழ்க்கண்ட வகைகளில் பெறலாம்.

அ (1) புல - வழி திருப்பி (Field diverter) : இம் முறையில் மிகக்குறைந்த மாறும் மின்தடை அளவினை, தொடர் புலத்திற்கு இணையாகப் படம் 1–29-(i)ல் காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும். மோட்டாரின் புலச்சுருளில் பாயும் மின்னக மின்னோட்டத்தின் பகுதி அளவினை, புல-வழிதிருப்பியிலுள்ள மின்தடையின் அளவினை



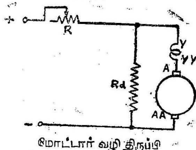
புல வழி திருப்பி

படம் 1-29 (i)



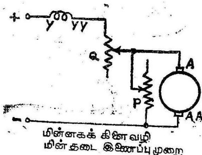
மின்னக வழி திருப்பி

படம் 1-29(iii)



மோட்டார் வழி திருப்பி

படம் 1-29 (ii)



மின்னகக் கிளை வழி மின்தடை இணைப்பு முறை

படம் 1-29 (iv)

படம் 1-29.
புலவழித் திருப்பி, மோட்டார் வழி திருப்பி, மின்னக வழித்திருப்பி, மின்னகக் கிளைவழி மின்தடை இணைப்பு முறை.

மாற்றுவதன் மூலம் மாற்றலாம். இம்முறையில் அடிப்படை வேகத்தினைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கும் வேகங்களைத்தான் பெற முடியும். (ஒரு மோட்டார் அதன் முழு திட்டவரை புல மின்னோட்டத்தில், திட்டவரை மின்னக மின்னழுத்தத்தில் திட்டவரை மின் சுமையினை எடுத்துக்கொண்டு ஓடும் பொழுது இருக்கும் வேகமே, அதன் அடிப்படை வேகம் எனப்படும்)

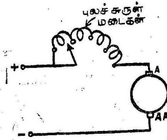
அ (2)-1. மோட்டார்—வழிதிருப்பி (Motor diverter) : படம் 1-29-(ii)-ல் காட்டியுள்ளபடி, மின்னழுத்தப் பிரிப்பியின் (Potential divider) மூலம், குறை மின்னழுத்த அளவினை, மோட்டாரின் புலச்சுருள், மின்னகம் ஆகியவற்றிற்கு வழங்கப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தப் பிரிப்பியில், மின்தொடர் மின்தடையும் (R), வழி திருப்பி மின்தடையும் (Rd)யும் உள்ளன. மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம், அடிப்படை அளவினைவிடக் குறைவாக இருப்பதால், இதன் வேகமும் அடிப்படை வேகத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும். இந்த முறை வேகக் குறைப்பு அவ்வளவு சிறந்ததல்ல. ஏனெனில், குறைந்த மின்னழுத்தத்தின் மூலம் வேகம் குறையும் என்றாலும், வழி திருப்பி மின்னோட்டத்தினால் புலமும் பலவீனமடைந்து வேக அதிகரிப்பினை உண்டாக்குகிறது. இக் குறையினைக் கீழ்க்கண்ட மின்னக-வழித் திருப்பியின் மூலம் நிவர்த்திக்கலாம்.

அ (2)-2 மின்னக வழித் திருப்பி (Armature diverter) : சுமை திருக்கத்திற்கேற்றவாறு, மோட்டார் மின்னகத்தில் மின்னோட்ட அளவு இருக்கும். மாறும்-உயர்-மின்தடையினை, மின்னகத்தின் குறுக்கே படம் 1-29-(iii)-ல் காட்டியபடி இணைத்தால், மின்னகம், அதில் உண்டாகும் பின் மின்னியக்கு விசைக்கேற்ப மின்னோட்டத்தினை ஏற்றுக்கொள்ளும். மேலும், மின்னக-வழித் திருப்பியின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டமும், தொடர்புலச் சுருளில் பாய்கிறது. இதனால் காந்தப் பாய்வு அதிகரித்து, வேகத்தினை அடிப்படை வேகத்திற்குக் கீழ்க் குறைக்கிறது. படம் 1-29-(iv) மின்னகக் கிளை வழி மின்தடை இணைப்பு (shunted armature connection) முறையினைக் காட்டுகிறது. இந்த அமைப்பில் உள்ள P, Q என்ற இரு மின் தடைகளை மாற்றி, பல்வேறு வேகங்களைப் பெறலாம். எனினும் இதன் பயனுறுதிறன் மிகக் குறைவு.

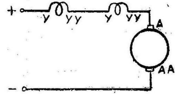
அ-(3)-புலச்சுருள் மடைகள் (Field core taps)படம் 1-30-(i)-ல் காட்டியபடி, கைப்பிடியினை மடைகள் மீது படும்படி அசைத்து, தேவையான புலச்சுருள்களின் எண்ணிக்கையினைப் பெறலாம். புலச்சுருள்களின் எண்ணிக்கை குறைந்தால், புல மின்னோட்டச் சுற்றுகள் (field ampere-turns) குறைந்து, குறைவான காந்தப்

பாய்வினை விளைவிக்கிறது. இம் முறையில் மாற்றப்படும் வேகங்கள் அடிப்படை வேகத்தினைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

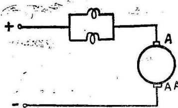
அ–4, புலச்சுருள்களைத் தொடர்நிலையில் அல்லது இணைநிலையில் இணைத்தல்: மோட்டாரின் புலச்சுருள்களைத் தொடர்நிலையில் படம் 1-30-(ii)-ல் காட்டியபடி இணைக்கலாம். அல்லது அவற்றைப்



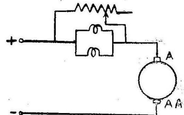
படம் 1-30 (i)
புலச்சுருள் மடைகள் முறை



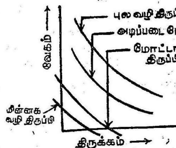
படம் 1-30 (ii)
புலச் சுருள்களைத் தொடர் நிலையில் இணைத்தல்



படம் 1-30 (iii)
புலச் சுருள்களை இணை நிலையில் இணைத்தல்



படம் 1-30 (iv)
இணை நிலையிலுள்ள புலச்சுருள்களுக்குக் குறுக்கே புலவழித் திருப்பியினை இணைத்தல்



படம் 1-30 (v) வேக திருக்க வரைபடம்

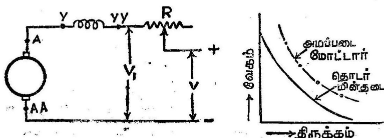
படம் 1-30.

புலக்கருவிகளைத் தொடர்நிலையில் அல்லது இணை நிலையில் இணைத்தல்.

படம் 1-30-3-ல் காட்டியபடி இணை நிலையிலும் இணைக்கலாம். முந்திய அமைப்பில் முழு மின்னக மின்னோட்டமும் ஒவ்வொரு புலச்சுருளிலும் பாய்கிறது. ஆனால் பிந்தியதில் மின்கை மின்னோட்டம் இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள இருபுலச்சுருள்களால் பகிர்ந்து கொள்ளப்படுகிறது. முதல்வகையில் அதிகமான புல மின்னோட்டச் சுற்றுகள் ஏற்படுவதால், காந்தப்பாய்வு அதிகமாகிறது. இதனால் மோட்டாரின் வேகம் குறைகிறது. புலச்சுருள்கள் இணை நிலையிலிருக்கும் பொழுது, புலமின்னோட்டச் சுற்றுகள் குறைவதால், காந்தப்பாய்வு குறைந்து வேகம் அதிகரிக்கிறது. இந்த வேகத்தினை இன்னும் அதிகரிக்க வேண்டுமானால் இணை நிலையில் உள்ள புலச்சுருள்களுக்குக் குறுக்கே படம் 1-30-(iv)-ல்காட்டியபடி மாறும் அளவுடைய புல-வழித்திருப்பியினை இணைக்கலாம்.

படம் 1-30-(v)-ல், புல–வழித்திருப்பி, மோட்டார்–வழித்திருப்பி, மின்கை வழித்திருப்பி ஆகியவற்றின் வேக-திருக்க வளைகோடுகள் அடிப்படை மோட்டாரின் வேக திருக்க வளைகோட்டுடன் ஒப்பிடப்பட்டு வரையப்பட்டுள்ளன.

(ஆ) வழங்கும் மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாடு : படம் 1-31-ல் காட்டியபடி, மாறும் மின் தடை அளவுடைய ஒன்றினை மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்த அளவினைக் குறைக்கலாம். மின் தடை



படம் 1-31.
வழங்கும் மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாடு

யில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியினை மாற்றுவதன் மூலம் மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைக் கூட்டவோ குறைக்கவோ செய்யலாம். இம்முறையில் கிடைக்கும் மோட்டாரின் வேகங்கள் அதன் அடிப்படை வேகத்தினைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். இந்த முறையில் அதிக மின்னாற்றலிழப்பு, மின்தொடர் தடையில் ஏற்படுகிறது. மேலும், வேகத்தினைக் கட்டுப்படுத்தும் மின் தடை எளிதில் மேற்கொள்ளத்தக்கதன்று. ஏனெனில், இதில் முழுச்சுமை மின்னோட்டம் பாய்வதால் அதிகக் கடினமாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 1-9.

400 வோல்ட்டு தொடர்புல மோட்டார் 600 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடும்பொழுது 50 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக் கொள்கிறது. மோட்டாரின் வேகத்தை 500 சுற்றுகள்/நிமிடத்திற்குக் குறைக்க வேண்டுமானால், மோட்டார்ச் சுற்றதருடன் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட வேண்டிய மின்தடையினைக் கண்டுபிடிக்கவும். புதிய வேகத்தில் உண்டாகும் சுமைத்திருக்கம் முந்தியதில் 80 சத வீதம் இருக்கவேண்டும். மின்னகம், தொடர்நிலைப்புலம் ஆகியவற்றின் மின்தடைகள் முறையே 0·1 ஓம், 0·3 ஓம். காந்தப்பாய்வு சுமைக்கு நேர்விதத்தில் இருப்பதாகக் கொள்க.

தீர்வு :

சுமைத் திருக்கம் $T \propto \phi I_a$

$\propto I^2 \; (\because \phi \propto I$

$I_a = I)$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2}$$

$$\frac{1}{0{\cdot}8} = \frac{50^2}{I_2^2}$$

$$I_2^2 = 0{\cdot}8 \times 50^2$$

$$= 2000$$

$I_2 = 44{\cdot}72$ ஆம்பியர்.

$E_{b1} = 400 - 50 \times 0{\cdot}4 = 380$ வோல்ட்டு.

மோட்டாரின் மின்னகம், புலம் ஆகியவற்றின் சுற்றதரில் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்படும் மின்தடை 'ω' எனக் கொண்டால், சுற்றதரில் உள்ள மொத்த மின்தடை $= 0{\cdot}1 + 0{\cdot}3 + \gamma$

$= 0{\cdot}4 + \gamma$ ஓம்

பின் மின்னியக்கு விசை $E_{b2} = (V - I_{a2}(0{\cdot}4 + \gamma)$

$= 400 - 44{\cdot}72(0{\cdot}4 + \gamma)$

$= 382{\cdot}1 - 44{\cdot}72\,\gamma$

ஆனால் $\dfrac{E_{b2}}{E_{b1}} = \dfrac{N_2}{N_1} \times \dfrac{\phi_2}{\phi_1}$

$$\frac{382{\cdot}1 - 44{\cdot}72\,\gamma}{380} = \frac{500}{600} \times \frac{44{\cdot}72}{50}$$

$\gamma = 2{\cdot}22$ ஓம்.

எடுத்துக் காட்டு 1-10.

400 வோல்ட்டு நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் மின்னகம், புலம் ஆகியவற்றின் தடைகள் முறையே 0 05 ஓம், 0·10 ஓம். இது 400 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடும்பொழுது 60 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்கிறது. 0·15 ஓம் புல-வழித் திருப்பியினைப் (field diverter) பயன்படுத்தினால், மோட்டாரின் வேகமென்ன? சுமைத்திருக்கம் மோட்டார்வேகத்தின் இரு மடிக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறதெனவும், புலம் நிறை செறிவு நிலை (unsaturated) அடையாதது எனவும் கொள்க.

தீர்வு :

புல-வழித்திருப்பி இல்லாதபோது மின்னகத்தில் பாயும் மின்னோட்டம் $I_{a1} = 60$ ஆம்பியர்.

புல-வழித்திருப்பி உள்ளபோது, மின்னக மின்னோட்டம் I_a எனக் கொண்டால், புலச்சுருளின் வழியாய்ப் பாயும் மின்னோட்டம்

$$= I_{a2} \times \frac{0\ 15}{0{\cdot}15+0{\cdot}1} = 0{\cdot}6 I_{a2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{a1}\,\phi_1}{I_{a2}\,\phi_2} = \frac{I_{a1}^2}{I_{a2}\,(0{\cdot}6\,I_{a2})} = \frac{60^2}{0{\cdot}6\,I_{a2}^2}$$

$$= \frac{100 \times 60}{I_{a2}^2}$$

ஆனால் $$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \frac{400^2}{N_2^2}$$

$$\therefore \frac{400^2}{N_2^2} = \frac{100 \times 60}{I_{a2}^2}$$

$$N_2 = 5{\cdot}164\, I_{a2}$$

$$E_{b1} = 400 - 60\,(0{\cdot}05 + 0{\cdot}1) = 391 \text{ வோல்ட்டு}$$

$$E_{b2} = 400 - I_{a2}\left(0{\cdot}05 + \frac{0{\cdot}1 \times 0{\cdot}15}{0{\cdot}1 + 0\ 15}\right)$$

$$= 400 - 0{\cdot}11\, I_{a2}$$

$$\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

$$\frac{391}{400 - 0{\cdot}11\, I_{a2}} = \frac{400}{N_2} \times \frac{I_{a1}}{I_{a2} \times 0{\cdot}6}$$

$$= \frac{400}{N_2} \times \frac{60}{0{\cdot}6\, I_{a2}}$$

$$= \frac{40{,}000}{5{\cdot}164\, I_{a2} \times I_{a2}} \quad (\because\ N_2 = 5{\cdot}164\, I_{a2})$$

$$(5{\cdot}164\, I_{a2}^2) \times 391 = 40{,}000\,(400 - 0{\cdot}11\, I_{a2})$$

$$I_{a2}^2 = \frac{40{,}000}{5{\cdot}164 \times 391}(400 - 0{\cdot}11\, I_{a2})$$

$$I_{a2}^2 + 2{\cdot}18\, I_{a2} - 7924 = 0$$

$$I_{a2} = -\frac{2{\cdot}18 \pm \sqrt{2{\cdot}18^2 + 4 \times 1 \times 7924}}{2}$$

$$= 88{\cdot}09 \text{ ஆம்பியர்.}$$

$$\therefore\; N_2 = 5{\cdot}164\, I_{a2}$$

$$= 5{\cdot}164 \times 88{\cdot}09$$

$$= 455 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-11.

500 வோல்ட்டு தொடர்புல மோட்டார், 800 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் செல்லும்பொழுது 50 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக்கொள்கிறது. மோட்டாரின் மின்னகம், புலம் ஆகியவற்றின் தடைகள் முறையே 0·2 ஓம், 0·5 ஓம். மோட்டார் மின்னகத்தின் குறுக்கே 25 ஓம்கள் மின் தடையுள்ள மின்னக வழித்திருப்பியினை இணை நிலையில் இணைத்தால், மோட்டாரின் வேகமென்ன? காந்த சுற்றதர் நிறை செறிவு யடையாமலிருப்பதாகவும், திருக்கம் மாறு நிலையில் இருப்பதாகவும் கொள்க.

தீர்வு :

மின்னக வழித்திருப்பி (armature - diverter) இணைப்பதற்கு முன் மோட்டார் மின்னோட்டம் I_1 எனக் கொள்வோம். ஆகவே, மின்னக மின்னோட்டம் $I_{a1} = I_1 = 50$ ஆம்பியர்.

பின் மின்னியக்கு விசை $E_{b1} = 500 - 50\,(0{\cdot}2 + 0{\cdot}5)$

$$= 465 \text{ வோல்ட்டு}$$

மின்னக வழித்திருப்பியினை இணைத்த பிறகு, புலச் சுருணையின் வழியாய்ச் செல்லும் மின்னோட்டம் I_2 எனக் கொண்டால், தொடர் நிலைப் புலத்தில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி $= 0.5 \times I_2$

மோட்டார் மின்னமுத்தத்தின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம் $= 500 - 0.5\, I_2$

∴ வழிதிருப்பியின் வழியாய்ப் பாயும் மின்னோட்டம்

$$= \frac{500 - 0{\cdot}5\, I_2}{25} = 20 - 0{\cdot}02\, I_2$$

ஆகவே, மின்னக மின்னோட்டம் $I_{a2} = I_a - (20\text{-}0{\cdot}02I_2)$

$= 1{\cdot}02\, I_a - 20$

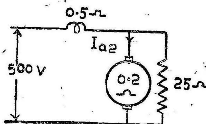
மின்னக மின்னமுத்த வீழ்ச்சி $= 0{\cdot}2\,(1{\cdot}02\, I_2 - 20)$ வோல்ட்டு

$= 0{\cdot}204\, I_2 - 4$

பின் மின்னயக்கு விசை E_{b2}

$= 500 - 0.5I_2 - (0{\cdot}204I_2 - 4)$

$= 504 - 0{\cdot}704\, I_2$



படம் 1-32 (அ)
தொடர்புல மோட்டார்

திருக்கம் மாறா நிலையிலிருப்பதால்

$$I_{a1}\,\phi_1 = I_{a2}\,\phi_2$$

$$I_{a1}^2 = I_{a2} \times I_2$$

$$50^2 = (1{\cdot}02\, I_2 - 20)\, I_2$$

$$1{\cdot}02\, I_2^2 - 20\, I_2 - 2500 = 0$$

$$I_2 = \frac{20 \pm \sqrt{20^2 + 4 \times 1{\cdot}02 \times 2500}}{2 \times 1{\cdot}02}$$

$$= \frac{20 + 102{\cdot}9}{2{\cdot}04}$$

$= 60{\cdot}24$ ஆம்பியர்

$E_{b2} = 504 - 0{\cdot}704 \times 60{\cdot}24$

$= 504 - 42{\cdot}41$

$= 461{\cdot}59$ வோல்ட்டு

$$\frac{E_{b2}}{E_{b1}} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{\phi_2}{\phi_1}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}} \times \frac{I^1}{I_2}$$

$$N_2 = 800 \times \frac{461{\cdot}59}{465} \times \frac{50}{60{\cdot}3}$$

$= 659$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

எடுத்துக்காட்டு 1-12.

1000 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடும் 200 வோல்ட்டு தொடர்புல மோட்டார் 30 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக் கொள்கிறது. புலச் சுற்றுகளில் $\frac{1}{4}$ பங்கு துண்டிக்கப்பட்டால், மோட்டாரின் வேகத்தினைக் கணக்கிடுக. மோட்டாரின் மின்னகம், புலம் ஆகியவற்றின் தடைகள் முறையே 0·1 ஓம், 0·2 ஓம். எனவும், திருக்கம் மாறா நிலையிலிருக்கிறதெனவும், புலம் நிறை செறிவு நிலையடையாமலிருக்கிறதெனவும் கொள்க.

மின் சுற்றதரில் உள்ள புலச் சுற்றுகள் "x" எனக் கொள்வோம். ஆகவே, காந்தப் பாய்வு $\phi \propto$ புல மின்னோட்டம் $\times$ புலச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை.

$$E_{b1} = 200 - 30\,(0{\cdot}1 + 0{\cdot}2)$$
$$= 191 \text{ வோல்ட்டு.}$$

புல சுற்றுகளில் $\frac{1}{4}$ பங்கு துண்டித்தபின் மின்னக மின்னோட்டம் I_2 எனக் கொண்டால், திருக்கம் மாறாதிருப்பதால்,

$$I_1\,(n\,I_1) = I_2\left(\frac{3}{4}\,n\,I_2\right)$$

$$I_2 = I_1\sqrt{\frac{4}{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}\,I_1 = 1{\cdot}155\,I_1$$
$$= 1{\cdot}155 \times 30$$
$$= 34{\cdot}65 \text{ ஆம்பியர்.}$$

$$E_{b2} = 200 - 34{\cdot}65\left(0{\cdot}1 + \frac{3}{4} \times 0{\cdot}2\right)$$
$$= 200 - 34{\cdot}65 \times {\cdot}25$$
$$= 191{\cdot}34 \text{ வோல்ட்டு}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}} \times \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

$$\frac{N_2}{1000} = \frac{191{\cdot}34}{191} \times \frac{1 \times 30}{3/4 \times 34{\cdot}65}$$

$$N_2 = 1000 \times \frac{191{\cdot}34}{191} \times \frac{30}{25{\cdot}95}$$
$$= 1156 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-13.

நான்கு முனை 200 வோல்ட்டு தொடர்புல மோட்டார் 300 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடும்பொழுது 20 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக் கொள்கிறது. ஒவ்வொரு புலச்சுருளின் மின்தடை 0·15 ஓம். மோட்டார் மின்னகத்தின் தடை 0·1 ஓம். நான்கு புலச்சுருள்களை இருபுலச்சுருள்கள் தொடர்நிலையில் இருக்கும்படி அமைத்துக் கிடைக்கும். இரு சுற்றதர்களைப் பக்க வாட்டில் இணை நிலையில் இணைத்தால், மோட்டார் எடுத்துக் கொள்ளும் மின்னோட்ட அளவினைக் கணக்கிடுக. மோட்டாரின் திருக்கம் அதன் வேகத்தின் இரு மடிக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளதெனவும் காந்தப்புலம் நிறைசெறிவு நிலை யடையாதது எனவும் கொள்க.

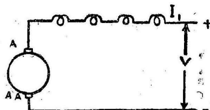
தீர்வு :

எல்லா புலச்சுருள்களும் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பொழுது மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டம் I எனக் கொள்வோம். புலச்சுருள் மின்னகம் ஆகியவற்றின் மின்தடை :

$$= 4R_{f_1} + R_e$$

$$= 0\,15 \times 4 + 0{\cdot}1 = 0.7 \text{ ஓம்}$$

$$\therefore E_{b_1} = 200 - 20 \times {\cdot}7 = 186 \text{ வோல்ட்}$$



படம் 1-32 (ஆ)
தொடர்புல மோட்டார்

$$E_{b1} \propto \phi_1 N_1$$
$$\propto I_1 N_1$$

$$T_1 \propto \phi_1 I_1$$
$$\propto I_1^2$$

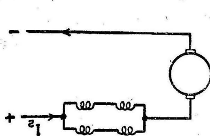
$$\text{ஆனால் } T_1 \propto N_1^2$$

$$\therefore \quad I_1^2 \propto N_1^2 . \qquad \because N_1^2 \propto I_1^2$$

$$N_1 \propto I_1$$

இரு புலச்சுருள்கள் தொடர்நிலையில் இணைத்துக் கிடைக்கும் சுற்றதர்கள் இரண்டினையும் பக்கவாட்டில் இணை நிலையில் இணைக்கும் பொழுது, மோட்டார் எடுத்துக்கொள்ளும் மின்னோட்டம்

I_2 எனக் கொண்டால் ஒவ்வொரு புலவழியில் செல்லும் மின்னோட்டம் $\frac{I_2}{2}$



படம் 1.32 (இ)
கற்றதர்கள் இணை நிலையில் இணைக்கும் பொழுது மோட்டாரின் மின்னோட்டம்.

$$\therefore \quad \phi_2 \propto \frac{I_2}{2}$$

$$E_{b2} \propto \phi_2 \; N_2$$

$$\propto \frac{I_2}{2} \; N_2$$

$$T_2 \propto \phi_2 \; I_2$$

$$\propto \frac{I_2}{2_2} \; I_2$$

$$\propto \frac{I_2}{2}$$

ஆனால் $T_2 \propto N_2^3$ $\qquad \because \; N_2^2 = \frac{I_2^2}{2}$

$$E_{b2} = 200 - I_2 \; R_2 \qquad N_2 \; \frac{I_2}{\sqrt{2}}$$

ஆனால் $R_2 = R_a + R_{f2} = 0{\cdot}1 + \frac{2 \times 0{\cdot}15}{2} = 0{\cdot}25$ ஓம்

$$E_{b2} = 200 - 0{\cdot}25 \; I_2$$

$$\frac{E_{b2}}{E_{b1}} = \frac{\phi_2 \; N_2}{\phi_1 \; N_1} = \frac{I_2/\sqrt{2} \; N_2}{I_1 \; N_1}$$

$$= \frac{1}{2} \; \frac{I_2}{I_1} \times \frac{N_2}{N_1}$$

$$= \frac{1}{2} \; \frac{I_2}{I_1} \times \frac{\frac{I_2}{I\sqrt{2}}}{I_1}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{2}} \times \frac{I_2^2}{20^2}$$

$$\frac{200 - 0.25 \; I_2}{186} = \frac{I_2^2}{800\sqrt{2}}$$

$$186 \; I_2^2 = 800\sqrt{2} \times 200 - 800\sqrt{2} \times 0{\cdot}25 \, I_2$$

$$I_2^2 + 1{\cdot}52 \; I_2 - 1216 = 0.$$

$$I_2 = -1{\cdot}52 \pm \sqrt{(1{\cdot}52)^2 + 4 \times 1216}$$

$$= \frac{-1{\cdot}52 \pm 69{\cdot}74}{2}$$

$= 34{\cdot}11$ ஆம்பியர்,

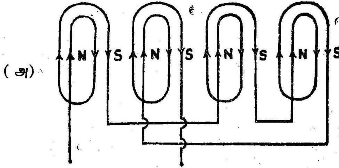
1·3·4·4. தூண்டல் மோட்டார்களின் வேகக் கட்டுப்பாடு

தூண்டல் மோட்டாரின் வேகம் $N = N_s\ (1 - S)$ அல்லது $N = \frac{120f}{P}(1 - S)$.இந்தச் சமன்பாட்டின் மூலம் பார்க்கப்போனால், தூண்டல் மோட்டார் வேகத்தினை, அலைவெண், புலமுனைகளின் எண்ணிக்கை, நழுவல் ஆகியவற்றினை மாற்றுவதன் மூலம் மாற்றச் செய்ய முடியும் என்பது புலனாகிறது.

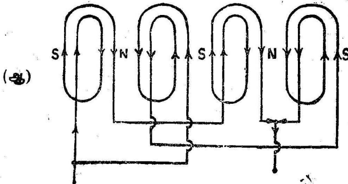
(அ) அலைவெண் முறை வேகக் கட்டுப்பாடு: தனியான மின்திறன் அமைப்பு ஒன்றை ஒரு குறிப்பிட்ட மோட்டாருக்கு மட்டும் பயன்படுத்துவோமானால், அந்த மின்-திறன் அமைப்பின் அலைவெண்ணை முதன்மை-இயக்கி (Prime mover) கொண்டு மாற்றி அமைக்கலாம். மாறு திசை உருளி-மின்னாக்கிகளில் (Turbo-alternator), இந்த வகை வேக மாற்றம், மின்னாக்கியின் பயனுறு திறனைக் குறைக்கச் செய்கிறது. ஏனெனில், உருளியின் வெட்டு வாய்ப் பகுதியின் (Tu bine brade) கோணங்கள் குறிப்பிட்ட வேகத்திற்காக அமைக்கப்பட்டவை. இந்த நுழைவிட கோண அளவில் மாறுதல் ஏற்பட்டால், திறன் வெளிப்பாட்டு அளவு குறைவதுடன் உருளியின் வெட்டு வாய்ப் பகுதியும் தேய்வடைகிறது. கப்பலை முன்னேக்கி ஏவுவதற்கு இந்த முறை வேகக் கட்டுபாடு பயன்படுத்தப்பட்டது.

(ஆ) புலமுனை மாற்றல் முறை வேகக் கட்டுப்பாடு : அணிற்கூடு வகை தூண்டல் மோட்டாரில் உள்ள சுழலி, காந்தப் புல முனைகளின் (field poles) வேறுபாட்டிற்கேற்றவாறு சரிசெய்து கொள்ளும் திறன் வாய்ந்தது. எனவே, அணிற்கூடு தூண்டல் மோட்டார் இந்த வகை வேகக் கட்டுப்பாட்டுக்கு உகந்தது. புல முனைகளின் எண்ணிக்கையினை எளிதில் மாற்றியமைக்கும் பொருட்டு, இம் மோட்டாரில் உள்ள துளைப் பள்ளங்கள்/முனை/ உந்தி, (Slots per pole per phase) முழுவெண் அளவில் இருக்கும். படம் 1-33 (அ) 8 முனையுடைய மோட்டாரினைக் குறிக்கிறது. படம் 1-33 (ஆ)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது, 4 முனையுடைய மோட்டார் ஆகும். இங்ஙனம் புலமுனைகளின் எண்ணிக்கை மாற்றப்படுகிறது. இத் தன்மையான வேகக் கட்டுப்பாடு துளையிடும் பொறிகளில் (drilling machines) பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில் இப்பொறிக்கு, வெவ்வேறு உலோகங்களைத் துளையிட, வெவ்வேறு வேகங்கள் தேவைப்படுகின்றன. மீள் - ஆக்க நிறுத்தல் (Regenerative braking) அமைப்புடன் கூடிய மின்முறை தூக்கும் பொறிகளிலும் (lifts) இந்த வகை மோட்டார் பயன்படுத்தப்படு

இறது. சில மோட்டார்களில் நிலையியின் சுருணைகள் இரு தனிப் பட்ட வகையில் சுற்றப்பட்டிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு



8 முனை



4 முனை

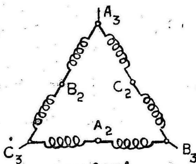
படம் 133 (அ)
8 முனையுடைய மோட்டார்

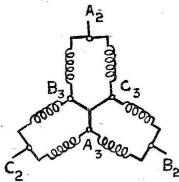
படம் 1-33 (ஆ).
4 முனையுடைய மோட்டார்

சுருணை 4 முனைக்கும் 8 முனைக்கும் உகந்ததாகவும், மற்ற சுருணை 6 முனைக்கும் 12 முனைக்கும் உகந்ததாகவும் செய்யப்பட்டிருந்தால் 50 சுற்றுகள்/விநாடி அலைவெண்ணுக்கு 1500, 750, 1000, 500 ஆகிய நான்கு வேக மாற்றங்கள் கிடைக்கும்.

மோட்டார் நிலையியின் சுருணைகள் மடைகளைப் (tappings) பெற்றிருந்தால் நிலையியின் சுருணைகளைப் படம் 1-33 (இ)-லும் படம் 1-33 (ஈ)-லும் காட்டியவாறு இணைத்து முறையே

குறை வேகத்தினையும் (slow speed), உயர் வேகத்தினையும் (fast speed) பெறலாம்.

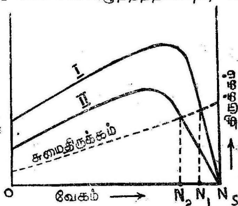




(Slow speed)
படம் 1-33 (இ)
குறைவேக இணைப்பு

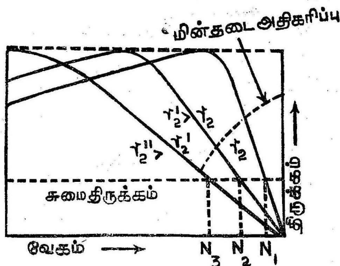
(Fast speed)
படம் 1-33 (ஈ)
உயர்வேக இணைப்பு

(இ) (i) நிலையிக்கு (stator) மாறும் மின்னழுத்தம் வழங்கி வேகக் கட்டுப்பாடு செய்தல்: படம் 1-34-ல் ஒரு மோட்டாரின் இரு வித வேக-திருக்க வளைகோடுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. மோட்டாரின் திருக்கம், அம் மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். ஆகவே, வேக-திருக்க வளைகோடு I உயர் மின்னழுத்தத்தினையும், வளைகோடு II, தாழ்மின்னழுத்தத்தையும் குறிக்கும். இந்த வேக திருக்க வளைகோடும், சுமை திருக்க வளைகோடும் வெட்டும் புள்ளிகள், முறையே N_1 வேகத்தினை உயர் மின்னழுத்தத்திலும், N_2 வேகத்தினை தாழ் மின்னழுத்தத்திலும் கொடுக்கிறது. நிலையான சுமை திருக்கத்திற்கு இந்த முறையில் குறைந்த அளவு வேகமாறுபாட்டினைச் செய்ய முடியும்.



படம் 1-34.
இருவித வேகதிருக்க வளைகோடுகளின் வரை படம்

(ஈ) சுழலிச் சுற்றதரில் புறவியல் தடையினை இணைக்கும் முறையில் வேகத்தினைக் கட்டுப்படுத்துதல் (By inserting external resistance in the rotor circuit): கொடுக்கப்பட்ட திருக்கத்திற்கு, சுழலி மின்னோட்டம் மாறா நிலையிலிருக்கும். ஆகவே, சுழலி சுற்றதரில் புறவியல் தடையினை (external resistance) இணைப்பதன் மூலம் சுழலி தாமிர இழப்புகளை (copper losses) அதிகரிக்கலாம். இதனால் நழுவலின் அளவும் அதிகரிக்கும். இந்த முறை தாழ் வேகங்களில் மிகுந்த மின்னாற்றலினை வீணாக்கச் செய்வதுடன், மின்னிழப்புகளை வெளிப்படுத்த வலிமையான மூவுந்தி கட்டுப்பாடமைப்பு தேவைப்படுகிறது. படம் 1-35ல் காட்டியதுபோல், சுழலிச் சுற்றதரில் மின்தடையினை



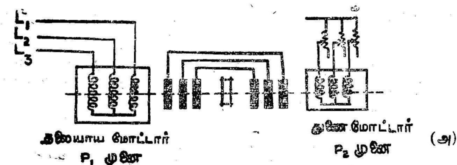
படம் 1-35.

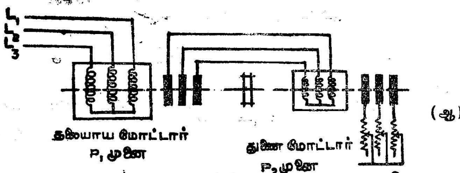
சுழலிச் சுற்றதரில் மின் தடையினை அதிகரித்தல்

அதிகரித்தால், வேகம் குறைந்து கொண்டே வருகிறது. இந்த வகை வேகக் கட்டுப்பாடு நழுவல்-வளைய வகை தூண்டல் மோட்டாருக்கு உகந்தது.

(உ) பொறித் தொகுதி இடையிணைப்புக் கட்டுப்பாடு (Cascade control): இம் முறையில் இரு மோட்டார்கள் பொறி இணைப்பு மூலம் இணைக்கப்படுகின்றன. இதில் ஒரு மோட்டார் அவசியம் நழுவல் வளைய வகையினை யுடையதாயிருக்க வேண்டும். மற்றொன்று அணிற்கூடு வகை அல்லது நழுவல் வளைய வகையாக

இருக்கலாம். படம் 1-36 (அ), 1-36 (ஆ) ஆகியவை தொகுதி இடையிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதைக் காட்டுகின்றன.





தொடர் இடையிணைப்பு கட்டுப்பாடு
(Cascade Control)

படம் 1-36 (அ) படம் 1-36 (ஆ)
தொகுதி இடை இணைப்பில் இணைக்கப்பட்ட மோட்டார்கள்

நழுவல் வளைய தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையி மின்தோற்றுவாயுடன் இணைக்கப்படுகிறது. ஆனால், இரண்டாவது மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம் நழுவல்-அலைவெண்ணில் (slip frequency) உள்ளது. தலையாய மோட்டார், துணைமோட்டார் ஆகியவற்றின் முனைகள் முறையே P_1, P_2 எனக் கொள்வோம்.

மின்தோற்றுவாயின் அலைவெண் 'f' என்றும், தலையாய மோட்டாரின் நழுவல் S_1 என்றும் கொண்டால் தலையாய மோட்டாரின் வேகம் $N_1 = N_s\,(1 - S_1)$

$$= \frac{120f}{P_1}\,(1 - S_1) \qquad \dots (1\text{-}36)$$

சுழலி மின்னோட்ட அலைவெண் = $S_1 f$. இதுவே துணை மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் அலைவெண் ஆகும். துணை மோட்டாரின் நழுவல் S_2 எனக் கொண்டால்

துணை மோட்டாரின் வேகம் $N_2 = \dfrac{120 \times S_1 f}{P_2}(1 - S_2)$ ... (1-37)

இரண்டு மோட்டார்களும் பொறி இணைப்பு (mechanically coupled) மூலம் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், இந்த இரு மோட்டார்களின் வேகங்களும் சமம்.

$$\therefore \quad N_1 = N_2$$

$$\frac{120 f (1 - S_1)}{P_1} = \frac{120 \times S_1 f}{P_2}(1 - S_2)$$

$$\therefore \quad \frac{1 - S_1}{P_1} = \frac{S_1}{P_2}(1 - S_2)$$

$$= \frac{S_1}{P_2} - \frac{S_1 S_2}{P_2}$$

$$= \frac{S_1}{P_2}$$

($\because$ $\dfrac{S_1 S_2}{P_2}$ என்பது புறக்கணிக்கக் கூடிய அளவுக்கு மிகச் சிறியது.)

$$\therefore \quad P_2 - P_2 S_1 = P_1 S_1$$

$$\therefore \quad S_1 = \frac{P_2}{P_1 + P_2} \qquad \text{... (1-38)}$$

S_1-ன் மதிப்பினைச் சமன்பாடு (1)-ல் ஈடு செய்தால்

$$N_1 = \frac{120 f}{P_1}\left(1 - \frac{P_2}{P_1 + P_2}\right)$$

$$= \frac{120 f}{P_1 + P_2}$$

ஆகவே மோட்டாரின் வேகம் $= \dfrac{120 f}{P_1 + P_2}$ ... (1-39)

துணை மோட்டாரின் திருக்கம், தலையாய மோட்டாரின் திருக்கத்திற்கு எதிரிடையாக இருந்தால், மோட்டாரின் வேகம்

$$= \frac{120 f}{P_1 - P_2} \qquad \text{... (1-40)}$$

எனவே இம் முறையில், $P_1 + P_2$, $P_1 - P_2$ என்ற முனை களுக்கேற்ற நான்கு வேகங்களைப் பெறலாம்.

(ஊ) சுழலிச் சுற்றதரில் மின்னியக்கு விசையினை உட் செலுத்துதல் (By injecting an e.m.f. in the motor circuit): நழுவல் அலைவெண்ணில் மின்னியக்கு விசையினை, நழுவல் வளையத்தின் வழியாக, சுழலியின் சுற்றதருக்குட் செலுத்தலாம். அங்ஙனம் உட்செலுத்தப்படும் தூண்டு மின்னியக்கு விசை சுழலி யின் மின்னியக்கு விசையை அதிகரிக்கும்படி செய்தால், சுழலி மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும். இதனால் திருக்கம் அதிகரித்து மோட்டாரின் வேகத்தினை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. மாறாக உட் செலுத்தப்படும் மின்-இயக்கு-விசை, சுழலியின் மின்னியக்கு விசைக்கு எதிரிடையாக இருந்தால், சுழலி மின்னோட்டம் குறைந்து, மோட்டாரின் திருக்கம், வேகம் ஆகியவைகளும் குறை கின்றன. சிரேகி மோட்டாரில் (Schrage motor) இம் முறையின் மூலம் வேக மாற்றம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 1-14.

440 வோல்ட்டு, ஆறுமுனை, மூவுந்து (Three phase) 50 சுற்று கள்/விநாடி அலைவெண் கொண்ட ஒரு தூண்டல் மோட்டார் 960 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடுகிறது. மோட்டார்ச் சுழலியில் உண்டாகும் முழு மொத்த மெட்ரிக் குதிரைத் திறன் 15. இயந்திரப் பொறி இழப்புகள் 2 மெட்ரிக் குதிரைத்திறன். மோட்டார் 0·85 மின்திறன் காரணியில் வேலை செய்கிறதென்றால் (அ) நழுவல் (ஆ) சுழலியின் தாமிர இழப்புகள் (இ) மோட்டார் பயனுறுதிறன் (ஈ) கம்பி மின்னோட்டம் (line current) (உ) சுழலி மின்னியக்கு விசையின் ஒரு நிமிடத்திய சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஆகியவற் றினைக் கணக்கிடுக. மோட்டார் நிலையியின் இழப்புகள் (Stator losses) 2 கிலோ வாட்டுகள் எனக் கொள்க.

தீர்வு :

$$\text{மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேகம்} = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்}$$

$$\text{மோட்டாரின் வேகம்} = 960 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்}$$

$$\text{(அ) நழுவல் } S = \frac{1000 - 960}{1000} = 0{\cdot}04$$

(ஆ) சுழலியின் உள்ளீட்டுத்திறன் P

$$= \frac{\text{சுழலியின் முழு மொத்த வெளிப்பாட்டுத்திறன்}}{1 - S}$$

$$= \frac{15 \times 735\cdot5}{0\cdot96} = 11{,}500 \text{ வாட்கள்}$$

சுழலியின் தாமிர இழப்புகள் $= S.\ P$

$$= 0\cdot04 \times 11{,}500$$

$$= 460 \text{ வாட்கள்}$$

(இ) மோட்டாரின் வெளிப்பாட்டுத்திறன்

$$= (15 - 2) \times 735\cdot5$$

$$= 9561\cdot5 \text{ வாட்கள்}$$

மோட்டாரின் மொத்த உள்ளீட்டுத்திறன்

$$= P + \text{நிலையியின் இழப்புகள்}$$

$$= 11{,}500 + 2000$$

$$= 13{,}500 \text{ வாட்கள்}$$

$$\text{பயனுறுதிறன் } \eta = \frac{9561\cdot5}{13{,}500} \times 100$$

$$- 70\cdot8\%$$

$$\text{(ஈ) கம்பி மின்னோட்டம் } I = \frac{13500 \times}{\sqrt{3} \times 440 \times 0\cdot85}$$

$$= 20\cdot83 \text{ ஆம்பியர்}$$

$$\text{(உ) நழுவல்} = \frac{\text{சுழலி மின்னியக்கு விசையின் சுற்றுகள்/வினாடி}}{\text{அலைவெண்}}$$

∴ சுழலி மின்னியக்கு விசையின் சுற்றுகள்/வினாடி

$$= S \times f$$

$$= 0\cdot04 \times 50$$

$$= 2 \text{ சுற்றுகள்/வினாடி}$$

ஒரு நிமிட காலத்தில் ஏற்படும் சுழலி மின்னியக்கு விசையின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை.

$= 2 \times 60$

$= 120$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

எடுத்துக்காட்டு 1-15.

400 வோல்ட்டு, 4 முனை, மூவுந்து (three phase) 50 சுற்றுகள்/விநாடி அலைவெண் கொண்ட ஒரு நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையி, சுழலிச் சுற்றுகளின் விகிதம் (turns ratio) 5 : 4 மோட்டார்ச் சுழலியின் மறிப்பு $(0{\cdot}2 + j\,0{\cdot}7)$ ஓம். 2·2 ஓம். அளவுள்ள மின்தடையினைச் சுழலிச் சுற்றதரின் ஒவ்வோர் உந்தியிலும் தொடர்நிலையில் சேர்த்து 400 வோல்ட்டு மின்தருவி அமைப்புடன், நேரிடையாக இணைத்துத் துவக்கினால் உண்டாகும் தொடக்க திருக்கத்தினைக் கண்டுபிடிக்கவும். நிலையி, சுழலி ஆகியவற்றின் இணைப்பு முக்கிளை வடிவத்தில் அமைக்கப் பட்டுள்ளது.

தீர்வு :

கொடுக்கப்பட்ட உந்தி மின்னழுத்தம் $= \dfrac{400}{\sqrt{3}}$

$= 231$ வோல்ட்டு

சுழலியில் உண்டான உந்தி மின்னியக்கு விசை

$= 231 \times \dfrac{4}{5} = 184{\cdot}8$ வோல்ட்டு

சுழலியின் சுற்றதரில் இணைக்கப்பட்ட மொத்த மின்தடை $= 0{\cdot}2 + 2{\cdot}2 = 2{\cdot}4$ ஓம்

ஆகவே, மோட்டார் தொடக்க மதிப்பு

$= \sqrt{2{\cdot}4^2 + 0{\cdot}7^2} = 2{\cdot}5$ ஓம்

$\therefore$ சுழலி மின்னோட்டம் $I_2 = \dfrac{184{\cdot}8}{2{\cdot}5} = 73{\cdot}92$ ஆம்பியர்

சுழலியின் மொத்த தாமிர இழப்புகள் $= 3\, I_2^2\, R_2$

$= 3 \times (73{\cdot}92)^2 \times 2{\cdot}4$

$= 39{,}320$ வாட்கள்.

மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேகம் $N_s = \dfrac{120 \times 50}{4}$

$= 1500$ சுற்றுகள்/நிமிடம்

கோண திசை வேகம் $\omega = \dfrac{2\pi \times 150}{60}$

$= 157{\cdot}1$ ரேடியன்/வினாடி

$$\omega \times T = 39{,}320$$

$$T = \frac{39{,}320}{157{\cdot}1} = 250{\cdot}2 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-16.

400 வோல்ட்டு, மூவுந்தி, 6 முனை, 50 சுற்றுகள்/வினாடி அலைவெண் கொண்ட நழுவல்-வளையத் தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையியும், சுழலியும் முக்கிளை வடிவத்தில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சுழலியின் மின்தடை 0·1 ஓம், மோட்டார் சுழலி அசையா நிலையில் நிற்கும் பொழுதுள்ள எதிர்வினைப்பு 0·5 ஓம். நிலையி சுற்றுகளுக்கும், சுழலிச்சுற்றுகளுக்குமுள்ள விகிதம் 6 : 5. மோட்டாரின் முழுச்சுமை நழுவல் 4% எனக் கொண்டால், கீழ்க்கண்ட விவரங்களைக் கண்டு பிடிக்கவும்:

(அ) மோட்டாரின் முழுச்சுமைத் திருக்கம்

(ஆ) மோட்டார் குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்)

(இ) பெரும-திருக்க வேகம்

தீர்வு :

உந்தி மின்னழுத்தம் $= \dfrac{400}{\sqrt{3}} = 231$ வோல்ட்டு

அசையா நிலையில் இருக்கும்போதுள்ள சுழலியின் மின்னியக்கு

விசை $= 231 \times \dfrac{5}{6} = 192{\cdot}5$ வோல்ட்டு

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + S^2 X_2^2} = \sqrt{(0{\cdot}1)^2 + (0{\cdot}04 \times 0{\cdot}5)^2}$$

$$= \sqrt{0{\cdot}0104} = 0{\cdot}102.$$

$$I_2 = \frac{S\,E_2}{Z_2} = \frac{0{\cdot}04 \times 192{\cdot}5}{0{\cdot}102} = \frac{7{\cdot}7}{0{\cdot}102}$$

$= 75{\cdot}5$ ஆம்பியர்கள்.

தாமிர இழப்புகள் $= 3I_2^2 R_2$

$= 3 \times (75{\cdot}5)^2 \times 0{\cdot}1$

$=$ 1710 வாட்கள்

சுழலி உள்ளீட்டுத்திறன் $= \dfrac{\text{சுழலி தாமிர இழப்பு}}{\text{நழுவல்}}$

$= \dfrac{1710}{0{\cdot}04} = 42{,}750$ வாட்கள்

ஒத்தியங்கு வேகம் $N_s = \dfrac{120f}{P} = \dfrac{120 \times 50}{6}$

$= 1000$

நேர்கோட்டு திசை வேகம் $w = \dfrac{2\pi\ 1000}{60}$

$= 104{\cdot}67$ ரேடியன்கள்/விநாடி

$w \times T_f = 42{,}750$

$T_f = \dfrac{42{,}750}{104{\cdot}67} = 408{\cdot}5$ நியூ-மீ.

ஆகவே மோட்டாரின் முழுச்சுமைத் திருக்கம் $= 408{\cdot}5$ நியூ-மீ.

(ஆ) சுழலியின் வெளிப்பாட்டுத் திறன் $= 42750 - 1710$
$= 41{,}040$ வாட்கள்

$= \dfrac{41{,}040}{735{\cdot}5} = 55{\cdot}8$ மெட்ரிக் குதிரைத்திறன்

(இ) திருக்கம் பெருமமாக இருக்க வேண்டுமானால்

$$R_2 = S_m X_2$$

$$\therefore\ S_m = \frac{R_2}{X_2} = \frac{0{\cdot}1}{0{\cdot}5} = 0{\cdot}2$$

$$I_2 = \frac{S_m E_2}{\sqrt{R_2^2 + (S_m X_2)^2}} = \frac{0{\cdot}2 \times 192{\cdot}5}{\sqrt{(0{\cdot}1)^2 + (0{\cdot}2 \times 0{\cdot}5)^2}}$$

$= \dfrac{38{\cdot}5}{\sqrt{2} \times 0{\cdot}1} = 272{\cdot}4$ ஆம்பியர்

இந்தப் பெரும அளவு நழுவலில் ஏற்படும் சுழலி உள்ளீட்டுத் திறன்

$$= \frac{\text{தாமிர இழப்பு}}{\text{நழுவல்}} = \frac{3\, I_2^2\, R_2}{0{\cdot}2}$$

$$= \frac{3 \times 272{\cdot}4^2 \times 0{\cdot}1}{0{\cdot}2} = 111{,}300 \text{ வாட்கள்}$$

$$\therefore \quad T_m = \frac{111{,}300}{2\,\pi\, N/60} = \frac{111{,}300 \times 60}{2\,\pi \times 1000}$$

$$= 1064{\cdot}0 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.}$$

$\therefore$ பெரும திருக்கம் = 1064·0 நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.

(ஈ) பெரும திருக்கத்தின்போது இருக்கும் நழுவல் = 0·2

ஆகவே, பெரும திருக்கத்தின் போதிருக்கும் வேகம்

$$= 1000\,(1 - 0{\cdot}2)$$

$$= 800 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-17.

8 முனை, 50 சுற்றுகள்/வினாடி அலைவெண் கொண்ட நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டாரின மின்தடை 0·3 ஓம். அதன் அசையா நிலை எதிர் வினைப்பு 1·0 ஓம். அது முழுச்சுமையுடன் ஓடும்பொழுது இருக்கும் நழுவல் 6% மோட்டாரின் வேகத்தை 615 சுற்றுகள்/நிமிடத்திற்குக் குறைக்க வேண்டுமானால், கீழ்க்கண்ட நிலைமைகளில் சுழலி சுற்றதரில் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட வேண்டிய வெளிப்புறத் தடையின் மதிப்பினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(அ) சுமை திருக்கம் மாறா நிலையில் உள்ளது.

(ஆ) சுமை திருக்கம் வேகத்தின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது.

தீர்வு :

$$\text{ஒத்தியங்கு வேகம்} = N_s = \frac{120 f}{P}$$

$$= \frac{120 \times 50}{8} = 750 \text{ சுற்றுகள்/வினாடி}$$

முழுச் சுமை நழுவல் S_1 = 6%

முழுச் சுமையின்போது மோட்டாரின் வேகம் 750 (1 – 0·06)

= 705 சுற்றுகள்/நிமிடம்.

$$S_2 = \frac{N_s - N_2}{N_s} = \frac{750 - 615}{750} \times 100$$

$$= \underline{18\%}$$

சுமை திருக்கம் மாரு நிலையிலிருக்கும்போதுள்ள சுழலி மின்னேட்டம் I_2 எனக் கொள்வோம். 6% நழுவலில், சுழலியின் தாமிர இழப்புகள் $= 3\ I_2^2\ R_2$

$$= 3\ I_2^2 \times 0{\cdot}3$$

கூடுதலான மின் தடையின் அளவு γ, எனக் கொள்வோம் 18% நழுவலின் போதிருக்கும் சுழலியின் தாமிர இழப்புகள் $= 3\ I_2^2\ (0{\cdot}3 \times \gamma)$. சுமை திருக்கம் நிலையிலிருப்பதால் சுழலியின் உள்ளீட்டுத் திறனும் மாரு நிலையில் இருக்கும். இதனுல் சுழலி மின்னேட்ட அளவும் ஒன்ருகவே இருக்கும். ஆகவே, சுழலியின் தாமிர இழப்புகள், மோட்டாரின் நழுவலுக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

$$\frac{3\ I_2^2\ (0{\cdot}3 + \gamma)}{3\ I_2^2 \times 0{\cdot}3} = \frac{18}{6} = 3$$

$$0{\cdot}3 + \gamma = 0{\cdot}9$$

கூடுதலான மின் தடையின் அளவு $\gamma = (0{\cdot}9 - 0{\cdot}3) = 0{\cdot}6$ ஓம்.

(ஆ) சுமை திருக்கம் வேகத்தின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்திலிருந்தால் $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$ ஆகும்.

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{615}{705}\right)^2 = 0{\cdot}7612$$

குறைந்த வேகத்தின்போது சுழலிச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படும் கூடுதலான மின்தடையின் அளவு γ_2 எனக் கொள்வோம்.

$$\text{ஆகவே } \frac{T_2}{T_1} = \frac{\dfrac{(R_2 + \gamma_2)^2 S_2}{(R_2 + \gamma_2)^2 + (S_2 X_2)^2}}{\dfrac{R_2 S_1}{(R_2^2 + (S_1 X_2)^2}}$$

$$= \frac{(R_2 + \gamma_2)}{R_2} \cdot \frac{S_2}{S_1} \times \frac{R_2^2 + (S_1 X_2)}{(R_2 + \gamma_2)^2 + (S_2 X_2)^2}$$

$$= \frac{(0{\cdot}3 + \gamma_2)}{0{\cdot}3} \times \frac{18}{6} \times \frac{(0{\cdot}3)^2 + (0{\cdot}06 \times 1)^2}{(0{\cdot}3 + \gamma_2)^2 + (0{\cdot}18 \times 1)^2}$$

$$\gamma_2^2 + 0{\cdot}6\, \gamma L + 0{\cdot}1224 = \frac{0{\cdot}2808 + 0{\cdot}936\, \gamma_2}{0{\cdot}7612}$$

$$= 0{\cdot}3689 + 1{\cdot}229\, \gamma_2$$

$$\gamma_3 = 0{\cdot}9025 \text{ ஓம்கள்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-18.

மேற்குறித்த எடுத்துக்காட்டு 4-ல் குறிப்பிட்டுள்ள மோட்டாரின் வேகத்தின் அதே அளவாகிய 615 சுற்றுகள்/நிடத்திற்கு குறைக்க கீழ்க்கண்ட நிபந்தனைகளில் நிலையியின் மின்னழுத்தத்தை எவ்வளவுக்குக் குறைக்க வேண்டும் என்பதனைக் கண்டுபிடிக்கவும் சுழலியின் மின்தடை மாறு நிலையிலிருக்கிறது எனக் கொள்ளவும்

(அ) சுமை திருக்கம் மாறு நிலையில் உள்ளது.

(ஆ) சுமை திருக்கம் வேகத்தின் இரு மடிக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது.

தீர்வு :

$$\text{திருக்கம் } T \propto \frac{E^2 S}{R_2^2 + (S X_2)^2}$$

(அ) சுமை திருக்கம் மாறு நிலையில் இருப்பதால்

$$T_1 = T_2$$

$$\text{ஆகவே } \frac{E_1^2 S_1}{R_2^2 + (S_1 X_2)^2} = \frac{E_2^2 S_2}{R_2^2 + (S_2 X_2)^2}$$

$$\left(\frac{E_2}{E_1}\right) = \frac{S_1}{S_2} \times \frac{R_2^2 + (S_2 X_2)^2}{R_2^2 + (S_1 X_2)^2}$$

$$\left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 = \frac{0\cdot06}{0\cdot18} \times \frac{0\cdot3^2 + (0\cdot18 \times 1)}{0\cdot3^2 + (0\cdot06 \times 1)^2}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{0\cdot09 + 0\cdot0324}{0\cdot09 + 0\cdot0036}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{0\cdot1224}{0\cdot0936} = \frac{0\cdot408}{0\cdot936}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{\frac{0\cdot0408}{0\cdot0936}} = 0\cdot6603$$

மோட்டார் நிலையிக்கு வழங்கும் மின்னழுத்தத்தில் 33·97% குறைத்துக் கொடுத்தால், மோட்டாரின் வேகத்தினை 615 சுற்றுகள்/நிமிடத்திற்குக் குறைக்கலாம்.

(ஆ) $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = \left(\frac{615}{705}\right)^2 = 0\cdot7612$

ஆனல், $$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\dfrac{E^2{}_2\, R_2\, S_2}{R^2{}_2 + (S_2 X_2)^2}}{\dfrac{E^2{}_1\, R_2\, S_1}{R_2{}^2 + (S_1 X_1)^2}}$$

$$0\cdot7612 = \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 \left[\frac{S_2}{S_1} \times \frac{R_2 + (S_1 X_1)^2}{R_2{}^2 + (S_2 X_2)^2}\right]$$

$$= \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 \times \frac{0\cdot0936}{0\cdot0108}$$

$$\therefore \left(\frac{E_2}{E_1}\right) = 0\cdot7612 \times \frac{0\cdot0108}{0\cdot0936}$$

$$= 0\cdot7612 \times 0\,4359 = 0\cdot3318$$

$$E_2/E_1 = 0\cdot576$$

அதாவது மோட்டாருக்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தில் 42·4% குறைத்துக் கொடுத்தால் மோட்டார் வேகத்தினை 615 சுற்றுகள்/நிமிடத்திற்குக் குறைக்கலாம.

எடுத்துக்காட்டு 1-19.

10 முனைகள் கொண்ட ஒரு தூண்டல் மோட்டாரினை, 6 முனைகள் கொண்ட மற்றொரு தூண்டல் மோட்டாரோடு தொடரிடை-

இணைப்பு மூலம் ஒன்று (cascading) சேர்ப்பதினால் கிடைக்கும் வெவ்வேறு ஒத்தியங்கு வேகங்கள் யாவை? அவைகள் இணைக்கப் பட்டுள்ள மின் தருவியின் அலைவெண் 50 சுற்றுகள்/வினாடி எனக் கொள்க.

தீர்வு :

$$P_1 = 10 \qquad P_2 = 6$$

(i) 10 முனைகள் கொண்ட தூண்டல் மோட்டார்

மட்டும் கொடுக்கும் வேகம் $= \dfrac{120f}{P_1}$

$= \dfrac{120 \times 50}{P_1} = 600$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

(ii) 6 முனைகள் கொண்ட தூண்டல் மோட்டார்

மட்டும் கொடுக்கும் வேகம் $= \dfrac{120 \times f}{P_2} = \dfrac{120 \times 50}{6}$

$= 1000$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

(iii) இரு மோட்டார்களையும், தொடர்-இடை இணைப்பு (cascade connection) முறையில் இணைத்தால், கிடைக்கும் வேகம்

$\dfrac{120 \times f}{P_1 + P_2} = \dfrac{120 \times 50}{10+6} = \dfrac{6000}{16} = 375$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

(iv) இரு மோட்டார்களையும் வேறுபாட்டு இடை இணைப்பு முறையில் இணைத்தால் கிடைக்கும் வேகம்

$= \dfrac{120f}{P_1 - P_2} = \dfrac{120 \times 50}{4} = 1500$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

1-3-5. மின்முறை நிறுத்தி (Electric Braking)

பொதுவாகச் சில மின் முறை ஓட்டுகளில் (electrical drives), ஓடிக்கொண்டிருக்கும் மோட்டாரைக் குறுகியகாலத்திற்குள் நிறுத்த வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக இழைப்புப் பொறியின் (planing machine) இறுதி வீச்சில் (at the end of stroke), இப் பொறியினை விரைவில் நிறுத்த வேண்டும்.

எவ்வளவுக்செவ்வளவு விரைவில் நிறுத்துகிறேமோ, அவ்வள வுக்கவ்வளவு உற்பத்தியை அதிகரிக்கலாம். சில சமயங்களில் விபசதிீனத் தடுக்க, மோட்டாரைக் கூடிய சீக்கிரத்தில் நிறுத்த வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது. மோட்டாரை நிறுத்த வேண்டிய நிறுத்தல் முறைகளின் தலையாய கொள்கைகளாவன :

(அ) நம்பிக்கையானதாகவும், விரைவில் செயல்பட வல்லமை யுடையதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

(ஆ) நிறுத்தம் விசையினைக் (braking force) கட்டுப் படுத்தும் வல்லமையுடையதாய் இருக்க வேண்டும்.

(இ) சுழலும் பகுதிகளினல் ஏற்படும் இயங்கு விசையை (kinetic energy) வெளிப்படுத்தும் ஆற்றல் பொருந்தியதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

(ஈ) நிறுத்தல் முறை அமைப்பில் ஏதேனும் ஒரு பகுதியில் பிழை ஏற்படின், அவ்வமைப்பின் இயக்கத்தினை நிறுத்தியோ, அல்லது நிறுத்திகளைக் (brakes) கொண்டோ, தடுத்து நிறுத்துந் தன்மை வாய்ந்ததாய் இருக்க வேண்டும்.

நிறுத்திகள் இருவகைப்படும். ஒன்று உராய்வு நிறுத்தி அல்லது இயந்திரப் பொறி நிறுத்தி (friction braking or mechanical braking;) மற்றென்று மின்முறை நிறுத்தி அல்லது மின் இயங்கு நிறுத்தி (electric braking or electro dynamic braking).

(அ) இயந்திரப்பொறி நிறுத்தி (Mechanical braking): மோட் டாரின் அசையும் பகுதிக்கும், நிறுத்தல் தடைக் கட்டைக்கும் (brake shoe) இடையே ஏற்படும் உராய்வினைக் கொண்டு மோட் டாரை இம் முறையில் தடுத்து நிறுத்துவர். அதாவது தேக்கிய ஆற்றல், நிறுத்தல் தடைக்கட்டையில் உராய்ந்து செல்வதால் வெப்பமாக வெளிவிடப் படுகிறது.

(ஆ) மின்முறை நிறுத்தல்: மோட்டாரின் அசையும் பகுதி களில் ஏற்படும் இயங்கு ஆற்றல், இம் முறையில் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. அங்ஙனம் மாற்றப்பட்ட மின்னாற்றல், மின் தடைகளினல் உட்கொள்ளப்பட்டு வெப்பமாக வெளிவிடப் படுகிறது. அல்லது மின் தோற்றுவாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பப் படுகிறது. மின்னியங்கு முறையில், மோட்டார் மின்னாக்கியாக (generator) முதலில் வேலை செய்ய வேண்டும். மின்னாக்கியாக

வேலை செய்து மோட்டாரை சுழிவேகத்திற்கு விரைவில் கொணர்ந்த பின் மின்னாக்கி மின் தருவியிலிருந்து பிரிக்கப்படுகிறது. ஆனால் மோட்டாரைத் தடுத்து அசையாநிலையில் நிறுத்த வேண்டும். அதாவது மின்முறை நிறுத்தியை மட்டும் வைத்துக் கொண்டு, மோட்டாரை அசையாநிலையில் நிறுத்தி வைக்க முடியாது. எனவே, மின்முறை நிறுத்தியுடன் இயந்திரப் பொறி நிறுத்தியும் தேவைப்படுகிறது.

இயந்திரப் பொறி முறை நிறுத்தல்	மின்முறை நிறுத்தல்
(1) நிறுத்தல் தடைக் கட்டைகளில் அதிகமான தேய்வு ஏற்படுகிறது. இந்தத் தேய்வினைச் சரிபடுத்த அடிக்கடி சீராக்கி ஒழுங்கு படுத்த வேண்டியது அவசியமாகிறது. இதனால் கண்காணிப்புச் செலவு அதிகமாகிறது.	(1) மின்னியங்கு முறையில் மோட்டாரைச் சுழி வேகத்திற்குக் கொணர்ந்து பின்பு இயந்திரப் பொறி நிறுத்தலை மேற்கொள்வதால் தடைக் கட்டைகளின் தேய்வு மிக மிகக் குறைவு. கண்காணிப்புச் செலவு கிடையாது.
(2) இவ்வகை நிறுத்தல்களைச் சீரான முறையில் சரிப்படுத்த வில்லையானால், திடீர் நிறுத்தல் ஏற்பட்டு, எந்திரப்பொறிப் பகுதிகளிலும், தாங்கும் கயிறுகளிலும் அதிகத் தாக்குதல் உண்டாகும். இரயில், தூக்கி (lift) இவற்றில் பயணம் செல்வோர்கள் இந்தத் திடீர் அதிர்ச்சிக்கு உள்ளாகிறார்கள்.	(2) இம்முறை நிறுத்தல், திடீர்த் தாக்குதலின்றி, தடங்கலற்று மிருதுவாக இயங்க வல்லது.
(3) நிறுத்தல் தடைக் கட்டைகள் உராய்வதனால், உலோகத் துகள்கள் அதிகமாக வெளிப்படும். இத் துகள்கள், தாங்கிகளின் (bearings) உள்ளே நுழைந்தால் தாங்கிகள் தேய்ந்து அழிவுறும்.	(3) இம்முறை நிறுத்தல் அநேகமாக உராய்வற்று இயங்குவதால் உலோகத் துகள் வெளிப் படுவதில்லை.

இயந்திரப் பொறி முறை நிறுத்தல்	மின்முறை நிறுத்தல்
(4) நிறுத்தல் தடைக் கட்டைகளைக் கொண்டு நிறுத்தும் போது, தடைக் கட்டைகள் உராய்ந்து வெப்பம் உண்டாகிறது. இந்த வெப்பமே இம்முறை நிறுத்திகளில் பழுது ஏற்படவும் காரணமாகிறது.	(4) தடங்கலின்றிச் செல்வதால் தடைக் கட்டைகளில் வெப்பம் ஏற்படுவதில்லை. அசையும் பகுதிகளில் உண்டான இயங்கு ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்பட்டு, பின் தடைகள் இம் மின்னாற்றலைக் கிரகித்துக் கொண்டு வெப்பமாக வெளிவிடுகிறது. இப்படி வெளியாகும் வெப்பத்தினால் இவ்வகை நிறுத்தல் அமைப்பில் எவ்வித இடைஞ்சலும் ஏற்படுவதில்லை.
(5) இம் முறை அமைப்புக்கான செலவு குறைவு.	(5) இம் முறையை அமைக்கச் செலவாகும் தொகை அதிகம். மேலும், தனிப்பட்ட சிறப்பமைப்பு பொருந்திய மோட்டார்கள் தேவைப்படும்.

மின்முறை நிறுத்தி வேகமாக இயங்க வல்லது ; நம்பிக்கையுமானது. நிறுத்தும் விசையினையும் கட்டுப் படுத்தலாம். நிறுத்தல் தடைக் கட்டைகளுக்கான பராமரிப்புச் செலவு கிடையாது. எனவே, இது இயந்திரப்பொறி முறையை விடச் சிறந்து விளங்குகிறது.

மின்முறை நிறுத்திகள் மூன்று வகைப்படும். அவைகளாவன:

(அ) செருகல் அல்லது திருப்பு மின்னோட்ட நிறுத்தி (Plugging or reverse current braking).

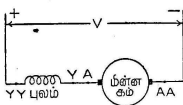
(ஆ) தடைமாற்றி அல்லது இயக்கவியல் நிறுத்தி (Rheostatic or dynamic braking.

(இ) மீள் ஆக்க நிறுத்தி (Regenerating braking).

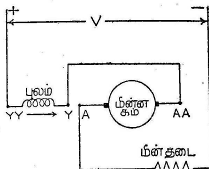
1-3-5-1. செருகல் (Plugging)

மோட்டாரின் மின்னக (armature) முனைகளை மட்டும் திருப்பி யமைத்துப் படம் 1-37-ல் காட்டியபடி மின் தோற்றுவாயோடு இணைக்கப்பட்டால், மோட்டார் இயல்பான திசைக்கு எதிர்த்திசையில் சுழலத் தொடங்கும். இதனால் மோட்டாரின் வேகத்தைச் சுழி

(i) தொடர்புல மோட்டார்



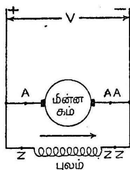
(அ) இயல்பாக ஓடும்பொழுது



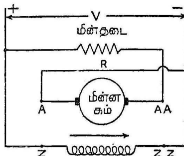
(ஆ) நிறுத்தும் பொழுது

படம்1-37.
தொடர்புல மோட்டாரை நிறுத்தும் வகை

(ii) கிளைபுல மோட்டார் (Shunt motor)



(அ) இயல்பாக ஓடும் பொழுது



(ஆ) நிறுத்தும் பொழுது

படம் 1-38.
கிளைபுல மோட்டாரை நிறுத்தும் வகை

வேகத்திற்கு விரைவில் கொணர முடிகிறது. இங்ஙனம் மோட்டார் சுழிவேகத்தை நெருங்கும் பொழுது, மோட்டாருக்குச் செல்லும் மின்னோட்டமும் தானகவே துண்டிக்கப்படும்படி அமைக்க வேண்டும். அதே சமயத்தில் இயந்திரப்பொறி நிறுத்திகளை இயங்க

வைத்து, மோட்டாரை நிலையாய்த் தடுத்து நிறுத்தவும் செய்ய வேண்டும். இம் முறையைக் கொண்டு (i) நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார். (ii) நேர் மின்னோட்டக் கிளை புல மோட்டார் (shunt motor) ஆகியவற்றை நிறுத்தும் வகையினைக் கீழ்க்கண்ட படங்களிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம்.

இயல்பான திசையில் சுழலும் மோட்டாரை எதிர்த் திசையில் சுழல வைக்க மின்னகத்தின் முனைகளையோ, அல்லது புலத்தின் முனைகளையோ மாற்றியமைத்தால் போதும். புலச்சுருணையின் (field winding), தூண்டம் (inductance) அதிகமாய் இருப்பதால், அதனுடைய கால மாறிலியும் (time constant) அதிகமாக இருக்கும். எனவேதான் மின்னக முனைகளை மாற்றி, மின்னோட்ட திசையினை மாற்றச் செய்கிறோம். இங்ஙனம், மின்னகத்தில் மின்னோட்டத்தின் திசை மாறுவதால் அதனுடைய பின் மின்னியக்கு விசை (back emf) யின் திசை கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திற்கு (V) எதிர்த்திசையிலிராமல், அதனுடன் ஒத்து ஒரே திசையில் இருப்பதால், மோட்டார் மின்னகத்தின் குறுக்கே கிட்டத்தட்ட தருவாய் மின்னழுத்தத்தைப்போல் (supply voltage) இருமடங்கு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. அதாவது ($V+E_1$) அளவு மின்னழுத்தம் மோட்டார் மின்னக முனைகளுக்கிடையே கொடுக்கப்படுகிறது. இத்தருணத்தில் மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்ட அளவினைக் (1) குறிப்பிட்ட பாதுகாப்பான வரம்பு நிலைக்குக் கொண்டு வருவதற்காக, மோட்டார் மின்னகச் சுற்றதரின் தொடர்நிலையில் (series) R என்னும் ஒரு மின் தடையினைப் படம் 1-58 (ஆ)வில் காட்டியவாறு இணைக்கப்படும்.

மின்முறை நிறுத்தியின் திருக்கம் $T_B \propto \phi I$ ... (1-41)

அல்லது $T_B = K \phi I$ [இதில் K என்பது ஒரு மாறிலி.]

$$\therefore \text{ மின்னோட்டம் } I = \frac{V+E_b}{R} \qquad \dots (1\text{-}42)$$

பின் மின்னியங்கு விசை $E_b{}^1 = K_1 N \phi$ ... (1-43)

இதில் V என்பது கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம்

R என்பது அமைப்பின் மொத்த தடை

N என்பது மோட்டாரின் வேகம்

ϕ என்பது காந்தப்பாய்வு

K_1 என்பது ஒரு மாறிலி.

சமன்பாடு (1-43)-ல் உள்ள E_b-ன் மதிப்பைச் சமன்பாடு (1-42)-ல் ஈடுபடுத்தினால்,

$$I = \frac{V + K_1 N \phi}{R}$$

ஆனால் $T_B = K \phi I$

$$= K \phi \left(\frac{V + K_1 N \phi}{R} \right)$$

$$= \frac{K \phi V}{R} + \frac{K K_1 N \phi^2}{R}$$

$K_2 = \frac{K V}{R}$; $K_3 = \frac{K K_1}{R}$ என வைத்துக் கொண்டால்

$T_B = K_2 \phi + K_3 \phi^2 N$ ஆகும். ... (1-44)

நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரை எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் காந்தப் பாய்வு (ϕ) மின்னக மின்னோட்டத்திற்கு (I_a) நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

∴ மின்முறை நிறுத்தியின் திருக்கம்

$T_B = K_4 I_a + K_5 I_a^2 N$ ... (1-45)

நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டாரை எடுத்துக் கொள்வோமானால், இதில் காந்தப் பாய்வு நிலையாக இருக்கும். எனவே $T_B = K_6 + K_7 N_1$ ... (1-46)

மோட்டாரை, அது சுமை யைத் தாங்கும் பொழுது நிறுத்தினால், இந்தச் சுமையும், திருக்கத்தைத் தருவதால், நிறுத்தியின் மொத்த திருக்கம் அதிகமாகிறது.

அதாவது மொத்த திருக்கம் $T = T_B + T_L$ ... (1-47)

இதில் T_B என்பது மின்வகை நிறுத்தியின் திருக்கம்

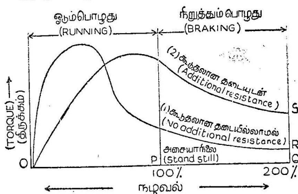
T_L என்பது சுமைத் திருக்கம் (load torque)

இம் முறையினில் மோட்டாரினைத் தடுத்து நிறுத்தும் பொழுது மின்தருவியினின்று மின்னோட்டம் தருவிக்கப்படுகிறது. இதனால் மோட்டாரின் அசையும் பகுதிகளிலிருந்து வெளிப்படும் இயங்கு ஆற்றல் (kinetic energy) வீணாக்கப்படுவதுடன், மோட்டாரினை நிறுத்துவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் சக்தி சிதறடிக்கப்படுகிறது (dissipated). எனவே, இம்முறை நிறுத்தலின் பொழுது ஏராள

மான வெப்பம் வெளிப்படுகிறது. ஏதேனும் ஒரு காரணத்தினால் மின் தருவாயில் பழுது ஏற்பட்டால் இம் முறை பயனற்றதாய்விடும்.

(iii) மின் செருகல் முறையில் தூண்டல் மோட்டாரினை நிறுத்துதல்: தூண்டல் மோட்டார் "நிலையி"யின் (stator) மூன்று உந்திகளில் (three phases) ஏதேனும் இரண்டு உந்திகளை (two phases) ஒன்றிற்கொன்றாக மாற்றியமைப்பதன் (interchange) மூலம், ஒரு திசையில் சுழலும் - காந்தப்புலத்தினை (rotating magnetic field) அத் திசைக்கு எதிர்ப்புறத்தில் சுழலும்படி மாற்றியமைக்கலாம். மின் செருகல் முறையில் மோட்டாரினை நிறுத்துவதற்கு முன்பு, மோட்டார்ச்சுழலியின் வேகம் ஒத்தியங்கு வேகத்திற்கு (syhchronous speed) அருகிலிருக்கும். மின்செருகலினைப் பொருத்திய அத் தருணத்தில், காந்தப்புலச்சுழற்சி இயல்பான திசைக்கு எதிர்த்திசையில் இயக்கப்படுவதால், மோட்டார்ச் சுழலியின் வேகத்திற்கும் காந்தப்புலச் சுழற்சிக்கும் இடையேயுள்ள சார்பு வேகம் (relative speed) தோராயமாக ஒத்தியங்கு வேகத்திற்கு இருமடங்காயிருக்கும். இதனால் சுழலிச் சுருணையில் (rotor winding) ஏற்படும் தூண்டல்-மின்னழுத்தம், சுழலி அசையாநிலையிலிருக்கும் பொழுதுள்ள தூண்டல் மின்னழுத்தைப்போல் இருமடங்காயிருக்கும். இக் காரணத்தினால்தான், மின்செருகல் முறையில் நிறுத்தப்படும் தூண்டல் மோட்டார்களின் சுழலிச் சுருணைக்குக் கூடுதலாகவே மின்காப்பு (additional insulation) இடப்பட்டிருக்கும்.

படம் 1-39-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள நழுவல் - திருக்க வளை கோடுகளிலிருந்து, தூண்டல் மோட்டாருக்கு இடப்படும் மின்



படம் . 39.
நழுவல்திருக்க வளைகோடுகள்

முறை நிறுத்தலுக்கான நிபந்தனைகளை அறிந்து கொள்ளலாம். 100 சதவீத நழுவலுக்கு (slip) மேலும், 200 சதவீத நழுவலுக்கும்

இடையே கிடைக்கும் நழுவல் - திருக்கத் தொடர்பினையும் படம் 1·39-ல் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. "Q" என்னும் புள்ளியில் உள்ள QR என்னும் நிலைத்தூரம் (ordināte), கூடுதலான மின் தடை சுழலிச் சுற்றதரிலில்லாமலிருக்கும் பொழுது, செருகலினை இடும் அத்தருணத்தில் உள்ள திருக்க அளவினைக் குறிக்கிறது. மேலும், மோட்டாரின் வேகம் அசையாநிலைக்கு நெருங்க நெருங்க, நிறுத்தல் திருக்கம் படிப்படியாக அதிகரித்துக் கொண்டே வருவதையும் கவனிக்கலாம். மோட்டாரின் வேகம் அசையா நிலைக்கு அருகிலிருக்கும் பொழுது உராய்வு நிறுத்தியினைப் (friction brake) பொருத்தி மோட்டாரினைத் தடுத்து நிறுத்த வேண்டும். அதே சமயத்தில் மோட்டார் மின்தருவி அமைப்புடன் மின் தொடர்பு கொண்டிருப்பதைத் துண்டிக்கவேண்டும். இன்றேல் மோட்டார் எதிர்த்திசையில் ஓடத் தொடங்கிவிடும். சுழலிச் சுற்றதரில் கூடுதலான மின்தடையினை இணைத்து படம் 1-39-ல் காட்டியவாறு தேவையான நிறுத்தல் விளைவுக்கு (braking effect) உகந்தவாறு நழுவல்-திருக்க வளைகோட்டினைப் பெறலாம்.

ஆகவே நழுவல்-வளைய வகை தூண்டல் மோட்டாரில், கூடுதலான மின்தடையினை, அதன் சுழலிச் சுற்றதரில் தொடர் நிலையில் இணைப்பதன் மூலம், நிறுத்தல்-திருக்கத்தினை (braking torque) அதிகரிக்க முடிகிறது. ஆனால் அணிற் கூடு வகை தூண்டல் மோட்டாரின் சுழலி மின்தடை (rotor resistance), நிலை யானது மட்டுமல்லாமல் குறைந்த அளவுடையது. ஆகவே, அணிற் கூடு வகை மோட்டாருக்குச் செருகல் முறை அவ்வளவாக உகந்த தல்ல. செருகல் முறை அணிற்கூடு வகை மோட்டாருக்குப் பொதுவாகப் பயன்படுத்தாதற்கு மற்றொரு காரணமும் உண்டு. அது பின்வருமாறு :

தூண்டல் மோட்டாரில் உண்டாகும் வெப்பம்

$$H = K\mathcal{E}\ (S_1^2 - S_2^2) \qquad \ldots \quad (1\text{-}48)$$

என்ற சமன்பாட்டில் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். இதில் H என்பது மோட்டாரில் உண்டாகும் வெப்பம். K என்பது மாறிலி. $\mathcal{E}$ என்பது இயங்கு ஆற்றல் (kinetic energy). S_1 என்பது ஆரம்ப நழுவல். S_2 என்பது இறுதி நழுவல். மோட்டாரினைத் தொடக்கி, அது முழுச்சுமையினை ஏற்று இயங்குவதாகக் கொண்டால், ஆரம்ப நழுவல் $S_1 = 1$-ம், இறுதி நழுவல் (அதாவது முழுச் சுமையுடன் இயங்கும் பொழுது) $S_2 = 0{\cdot}04$ அல்லது $0{\cdot}05$-ம் ஆக இருக்கும். இங்கு S_2-ன் மதிப்பு, S_1-யுடன் ஒத்திட்டுப் பார்க்கும் பொழுது மிகக் குறைவாக இருப்பதால், S_2-ன் மதிப்பினைச்

சுழி மதிப்பாகக் கொள்ளலாம். ஆகவே, இந்த நிலைமையில் மோட்டாரில் ஏற்படும் வெப்பம் $H_1 \propto \mathcal{E} (S_1^2 - S_2^2) \propto \mathcal{E}$ ஆனால் மோட்டாரினைச் செருகல் முறையில் நிறுத்தினால், ஆரம்ப நழுவல் $S_1 = 2$. ஆகவும், இறுதி நழுவல் (அதாவது அசையா நிலைக்குக் கொணரும் பொழுது) $S_2 = 1$ ஆகவும் இருக்கும். இந்த நிலைமையில் மோட்டாரில் ஏற்படும் வெப்பம் $H_2 \propto 3\ \mathcal{E}$. அதாவது நிறுத்தல் காலப்பகுதியில் மோட்டாரில் வெளிப்படும் வெப்பம், இந்த மோட்டாரினைத் துவக்கும்போதிருக்கும் வெப்பத்தைப்போல் மூன்று மடங்கு இருக்கும். அணிற்கூடு தூண்டல் மோட்டாரில், மின் செருகல் முறையினைப் பயன்படுத்தினால், நிறுத்தல் காலப் பகுதியில் ஏற்படும் வெப்ப வெளியேற்றம் முழுவதும் மோட்டாரின் உட்புறப்பகுதியிலே நிகழ்கிறது. ஆனால், கூடுதலான மின்தடையினை மோட்டார்ச்சுழலியுடன் வெளிப்புறத்தில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் நழுவல் வளையவகை மோட்டாரினுள் இந்த மின்செருகல் முறையினைப் பயன்படுத்தி, மோட்டாரினை நிறுத்தினால், நிறுத்தல் காலப் பகுதியில் ஏற்படும் வெப்பம் மோட்டாரின் உட்புறப் பகுதி, வெளிப்புறத்தடை ஆகியவற்றின் மூலமாக வெளிப்படுத்த முடிகிறது. ஆகவே, மின்செருகல் முறையினைப் பயன்படுத்தி அமைக்கப்படும தூண்டல் மோட்டாரின் உரு அளவு (size), மின் சுமையினைப் பொறுத்துமட்டுமல்லாமல், நிறுத்தல் திருக்கத்தைப் பொறுத்தும் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

(iv) மின்செருகல் முறையில் ஒத்தியங்கு மோட்டாரினை நிறுத்துதல்: ஒத்தியங்கு மோட்டாரில் மின்செருகலினைப் பொருத்தினவுடன், ''நிலையி''யின் சுழலும் காந்தப்புலம் திசை மாறுகிறது. இதனால் சுழலியிலுள்ள நேர்மின்னோட்டக் காந்தப்புலம் நிலையியின் சுழல் காந்தப்புலத்திசைக்கு எதிரிடையாகச் சுற்றும். ஆகவே, இவை இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள சார்பு திசை-வேகம்(relative velocity) ஒத்தியங்கு வேகத்தினைப்போல் இருமடங்காயிருக்கும். ஒரே அளவானது. இதனால் ஓர் ஒத்தியங்கு-மோட்டார் - திருக்கம் மோட்டார்ச் சுழலியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் தொடக்கச் சுருணையில் தூண்டல் முறைப்படிதான உண்டாகும். ஆகவே, தொடக்கச் சுருணையற்ற சாதாரண ஒத்தியங்கு மோட்டாரில் நிறுத்தீ-திருக்கம் ஏற்படாது மோட்டார்ச் சுழலியில் தொடக்க அல்லது ஒடுக்கிச் சுருணைகள் (damper windings) பொருத்தப்பட்டிருந்தால், அந்தச் சுருணைகளில் சுழல் மின்னோட்டம (eddy current) ஏற்பட்டு, நிறுத்தி-திருக்கம் கிடைக்கிறது. இத்தகைய ஒடுக்கிச் சுருணைகள் மோட்டாரினைத் துவக்குவதற்கு மட்டுமல்லாமல்-செருகல் முறையில் தடுத்து நிறுத்துவதற்கும் பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 1-20.

200 வோல்ட்டும், 30 கிலோ வாட்டும் கொண்ட ஒரு நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டாரின் முழுச்சுமை வேகம் 500 சுற்றுகள்/நிமிடம். இந்த மோட்டாரைச் செருகல் முறையில் தடுத்து நிறுத்த வேண்டுமானால், (அ) தொடக்கியின் மின்னோட்டம் முழுச் சுமையைப் போல் $1\frac{1}{2}$ மடங்கு இருக்க, மோட்டாரில் மின்னகத்தினுடன் இணைக்கப்பட வேண்டிய தொடர் மின் தடையின் (series resistance) அளவையும், (ஆ) தொடக்க நிறுத்தியின் திருக்கத்தையும், (இ) மோட்டாரின் வேகம் குறைந்து 300 சுற்றுகள்/நிமிடமாக இருக்கும் பொழுது இருக்கும் திருக்கத்தையும் கண்டுபிடி. மோட்டாரின் முழுச் சுமையின பயனுறுதிறன் 80% என்றும், மின்னகத்தின் தடையும், புலத்தின் தடையும் முறையே 0·1 ஓம், 200 ஓம்கள் எனவும் கொள்க.

தீர்வு :

(அ) மின்தறுவாயினின்று கிடைக்கும் முழுச்சுமை

$$\text{மின்னோட்டம்} = \frac{30 \times 1000}{200} = 150 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

$$\text{புலமின்னோட்டம்} = \frac{200}{200} = 1 \text{ ஆம்பியர்.}$$

மின்னக மின்னோட்டம் $(I_{a_1}) = 150 - 1 = 149$ ஆம்பியர்கள்.

தொடக்க-நிறுத்தி மின்னோட்டம் $= 1{\cdot}5 \times 149$

$= 223{\cdot}5$ ஆம்பியர்கள் $= I_{a_2}$

$E_1 = 200 - 149 \times 0{\cdot}1 = 185{\cdot}1$ வோல்ட்டுகள்

நிறுத்தியைக் கொண்டு நிறுத்தும் பொழுது உண்டாகும் மின்னழுத்தம் $= 200 + 185{\cdot}1 = 385{\cdot}1$ வோல்ட்டுகள்.

தொடக்க-நிறுத்தியில் உள்ள மின்னகச் சுற்றதரில் இருக்கும்

$$\text{மொத்தத் தடை} = \frac{385{\cdot}1}{223{\cdot}5} = 1{\cdot}723 \text{ ஓம்கள்.}$$

வெளித்தடையின் அளவு $= 1{\cdot}723 - 0.1 = 1{\cdot}623$ ஓம்கள்.

(ஆ) திறன் $E_1 I_{a1} = \frac{2\pi NT}{60}$

$$T = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{E_1 \times I_{a1}}{N} \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்.}$$

∴ முழுச்சுமையின் திருக்கம்

$$= \frac{60}{2\pi} \times \frac{E_1 I_{a1}}{500} = \frac{60}{2\pi} \frac{185 \cdot 1 \times 149}{500}$$

= 52·6 நியூட்டன்-மீட்டர்.

காந்தப்பாய்வு நிலையாய் இருப்பதால், திருக்கம், மின்னக மின்னோட்டத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கம்.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Ia_1}{Ia_2} \qquad \therefore \qquad T_2 = T_1 \frac{Ia_2}{Ia_1}$$

$$= 52 \cdot 6 \times \frac{223 \cdot 5}{149}$$

= 78·8 நியூட்டன் – மீட்டர்.

(c) மின்னியக்கு விசை, வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்தில்

இருப்பதால், $\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$

$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} \times E_1 = \frac{300}{500} \times 185 \cdot 1$$

= 111·06 வோல்ட்டுகள்.

மோட்டாரின் வேகம் 300 சுற்றுகள்/நிமிடமாய் இருக்கும் பொழுது நிறுத்தியின் மின்னழுத்தம்

= 200 × 111·06 = 311·06 வோல்ட்டுகள்

300 சுற்றுகள் / நிமிட வேகத்தில் மின்னக மின்னோட்டம்

$$Ia_3 = \frac{311 \cdot 06}{1 \cdot 723} = 180 \cdot 6 \text{ ஆம்பியர்கள்}$$

$$T_3 = \frac{T_1}{Ia_1} \times Ia_3 = \frac{52 \cdot 6}{149} \times 180 \cdot 6$$

= 63·7 நியூட்டன்-மீட்டர்.

எடுத்துக்காட்டு 1-21.

50 குதிரைத்திறன், 440 வோல்ட்டு முந்நிலை 6 முனை, 50 சுற்றுகள் / விநாடி அலைவெண் கொண்ட ஒரு தூண்டல் மோட்டார் முழுச் சுமையுடன் இருக்கும் பொழுது அதன் நழுவல்

6 சத வீதம் மோட்டார்ச் சுழலியின் மூன்றில் ஓர் உந்தியின் (rotor phase) அசையா-நிலே எதிர் வினைப்புக்கும் (standstill reactance) மின்தடைக்கும் உள்ள விகிதம் 5 என்ருல், முழு வேகத்தில் உண்டாகும் செருகல் திருக்கத்தினை மதிப்பிடுக.

தீர்வு :

$$\text{மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேகம்} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்}$$

முழுச்சுமையுடனிருக்கும் பொழுது மோட்டாரின் வேகம்
$= 1000\ (1 - 0\ 06) = 940$ சுற்றுகள்/நிமிடம்

$$\text{முழுச்சுமை திருக்கம் } T_1 = (\text{குதிரைத்திறன்}) \times 735{\cdot}5 \times \frac{60}{2\pi N}$$

$$\therefore\ T_1 = \frac{50 \times 735{\cdot}5 \times 60}{2\pi \times 940}$$

$= 373{\cdot}7$ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.

$$S_1 = 0{\cdot}06$$

$$S_2 = 2 - 0{\cdot}06 = 1{\cdot}94$$

$$\text{ஆனுல் } T \propto \frac{E_1^2\ R_2\ S}{R_2^2 \times (S\ X_2)^2}$$

$$\therefore\ \frac{T_1}{T_2} = \frac{\dfrac{E_1^2\ R_2\ S_1}{R_2^2 + (S_1\ X)^2}}{\dfrac{E_1^2\ R_2\ S_2}{R_2^2 + (S_2\ X_2)^2}}$$

$$\text{அல்லது}\quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{S_1}{S_2} \times \frac{1 + S_2^2\left(\frac{X_2}{_2}\right)^2}{1 + S_1^2\left(\frac{X_2}{R_2}\right)^2}$$

$$= \frac{0{\cdot}06}{1\ 94} \times \frac{1 + (1{\cdot}94)^2 \times 5^2}{1 + (0{\cdot}06)^2 \times 5^2}$$

$$= 0\ 03093 \times \frac{1 + 94\ 08}{1 + 0{\cdot}09}$$

$$= 0{\cdot}03093 \times \frac{95{\cdot}08}{1{\cdot}09}$$

$$= 2{\cdot}699$$

$$\therefore \quad T_2 = \frac{T_1}{2{\cdot}699} = \frac{373{\cdot}7}{2{\cdot}699}$$

$$= 138{\cdot}5 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.}$$

1-3-5-2. தடை மாற்றி நிறுத்தி (Rheostatic Braking)

இந்த வகை நிறுத்தி, மோட்டாரினை மின் தருவியினின்று பிரித்து, சுழலும் சாதனங்களில் எஞ்சியிருக்கும் இயங்கு ஆற்றலினால் (kinetic energy) அதனை மின்னாக்கியாக (generator) இயக்குவிக்கிறது. அதாவது தடுத்து நிறுத்த வேண்டிய சுழலும் சாதனங்களாகிய மோட்டாரும் அதனுடன் இணைந்திருக்கும் மின் சுமையும், அவைகள் சுழலும்போது சேகரித்து வைத்திருந்த இயங்கு ஆற்றலை அளித்து மின்னாக்கியாக இயக்க உதவுகிறது. இந்த மின்னாக்கிக்குக் குறுக்கே ஒரு மின் தடையினை இணைத்து மின்னாக்கியின் ஆற்றல் வெளிப்பாட்டினை இத் தடை வழியாகச் செலுத்தி வெப்பமாக வெளிப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த வகை நிறுத்தி, மோட்டார் சுழற்சியினால் தேக்கி வைக்கப்பட்ட இயங்கு ஆற்றல் மட்டுந்தான் வெளிப்படுத்துகிறது. ஆனால், செருகல் முறையில், சுழலும் பகுதிகளினால், தேக்கி வைக்கப்பட்ட இயங்கு ஆற்றல் வீணாவதுடன், செருகல் காலப் பகுதியில், மின் தருவியினின்று பெறப்பட்ட மின்னாற்றலும் வீணாக்கப்படுகிறது. ஆகவே, மின்-தடை மாற்றி நிறுத்தி, செருகல் முறையினைவிட சிறந்ததாகும், இந்த வகை நிறுத்தியினைக் கீழ்க்கண்ட மோட்டார்களுக்குப் பயன் படுத்தலாம் :

(i) (அ) கிளைபுல நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்.

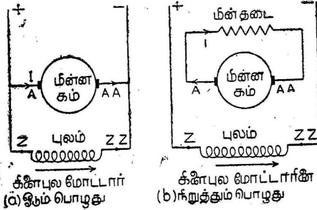
(ஆ) தொடர்புல நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்.

(ii) நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டார் (நேர் மின்னோட்ட கிளர்வு அமைப்புடன் கொண்டது)

(iii) ஒத்தியங்கு மோட்டார்.

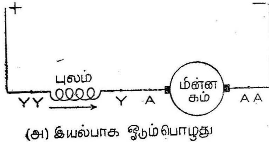
(i) (அ) கிளைபுல நேர் மின்னோட்ட மோட்டார் : இந்த மோட்டாரில், மின்னகத்தினை மின் தருவியினின்று பிரித்து ஒரு தடைக்குக் குறுக்கே படம் 1-40-ல் காட்டியவாறு இணைக்கப்படுகிறது. ஆனால் புலச்சுருள் மட்டும் மின் தருவியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் இந்த நிலையில் இப் பொறி தனிக்கிளர்வு மின்னாக்கியாக (separately excited generator) இயக்கப்படுகிறது. மின்னகச் சுற்றதரில் உள்ள மின்தடையினை மாற்றித் தேவையான நிறுத்தல்-திருக்க அளவினைப் பெறலாம். மின்திறன்

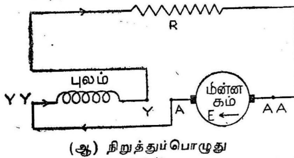
அமைப்பில் பழுது ஏற்பட்டால், இம்முறை நிறுத்தல் பயனற்ற தாய்விடும்.



படம் 1-40.
கிளைபுல நேர்மின்னோட்ட மோட்டார்

(i) (ஆ) தொடர்புல நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்: இம் முறையில் மின்னகத்தோடு புலமும் மின் தருவியினின்று





(ஆ) நிறுத்துப்பொழுது
படம் 1-41.
தொடர்புல மோட்டார் தடைமாற்றி நிறுத்தியுடன்

பிரிக்கப்பட்டு ஒரு தொடர்புல மின்னாக்கியாக இயக்கப் படுகிறது. மின்னோட்ட அளவினை வரம்புக்குள் கட்டுப்படுத்தும் பொருட்டு

ஒரு மின் தடை தொடர்நிலையில், படம் 1-41 (அ)-ல் காட்டியபடி இணைக்கப்படுகிறது. அங்ஙனம் செய்யும் பொழுது புலச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டதிசை இயல்பான திசையினின்று மாருதவாறு இணைக்கப்பட வேண்டும். ஏனெனில், தொடர்புல மோட்டாரினை மின் தருவியினின்று பிரித்தவுடன் மின்னோட்டத்தின் திசை மாறு கிறது. ஆகவே, படம் 1-41 (ஆ)-ல் காட்டியவாறு புலச்சுருளின் முனைகளை மாற்றியமைத்து காந்தப்பாய்வு வளர்ச்சியடையும்படி செய்ய வேண்டும்.

இச் சுற்றதரில் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின் தடையின் அளவு, உய்ய மின் தடை (critial resistance) அளவுச்குக் குறைவாக இருக்கவேண்டும். இன்றேல் மின்னாக்கிக் குத் தற்கிளர்வு (self excitation) இல்லாமல் போகும்.

நிறுத்தல்-திருக்க வேகத் தொடர்பு:

மின்முறை நிறுத்தியின் திருக்கம் $T_B \times \phi I$

அல்லது $T_B = K \phi I$ ... (1-49)

(இதில் K ஒரு மாறிலி)

நிறுத்தி மின்னோட்டம் $I = \frac{E_b}{R} = \frac{K_1 N \phi}{R}$ ... (1-50)

நிறுத்தி மின்னோட்ட மதிப்பினைச் சமன்பாடு 1-49-ல் ஈடு செய்தால்

$$T_B = K \phi \left(\frac{K_1 N \phi}{R} \right) = K_2 \phi^2 N \quad \text{... (1-51)}$$

$$\text{இதில் } K_2 = \frac{K K_1}{R} \quad \text{... (1-52)}$$

கிளைபுல மோட்டாரில், காந்தப்பாய்வு (ϕ) மாரு நிலையில் இருக்குமாகையால், கிளை புல மோட்டாருக்கான மின்முறை நிறுத்தியின் திருக்கம் $= K_3 N$. ... (1-53)

இதில் K_3 என்பது $K_2 \phi$-க்குச் சமம். தொடர்புல மோட்டாரில் காந்தப் பாய்வு, மின்னக மின்னோட்டத்திற்கு நேர் விகிதத்தி லிருப்பதலால், $\phi = K_4 I_a$. தொடர்புல மோட்டாருக்கான மின்முறை நிறுத்தல் திருக்கம், $K_5 I_a N$-க்குச் சமம் ... (1-54)

நடைமுறையில், கிளைபுல மோட்டார்களில் பெரும நிறுத்தல் திருக்கத்தினைப் பெற, மின்னகச் சுற்றதரில் உள்ள மின்தடை

யினை, வேகக் குறைப்புக் கேற்றவாறு குறைத்துக் கொண்டே வந்தால், மின்னக மின்னோட்டத்தினை மாறா நிலையில் இருக்கும்படி செய்யலாம். இதனால் நிறுத்தி-திருக்க (braking torque) மதிப்பும் மாறா நிலையிலிருக்கும். வெளிமின் தடையின் அளவு சுழி மதிப்பினையடையும் வரை இங்ஙனம் குறைத்துக்கொண்டே வர வேண்டும். அதற்குப் பிறகு நிறுத்தல்-திருக்கம், வேகத்திற் கேற்றவாறு நேர்கோட்டளவின்படி குறைத்துக்கொண்டே வந்து, வேகம் சுழி மதிப்பினை அடையும் பொழுது மறையும். ஆனால், தொடர்புல மோட்டாரில் மின்னக மின்னோட்டம் வேக மாற்றத்திற் கேற்றவாறு மாறும்பொழுது, காந்தப்பாய்வும், நிலையாக மாறிக் கொண்டே வருகிறது. ஆகவே, மோட்டாரின் திருக்கத்தினை அம் மோட்டாரின் காந்த சிறப்பியல்பு வரிவடிவத்தின் மூலம் கண்டறிய முடியும்.

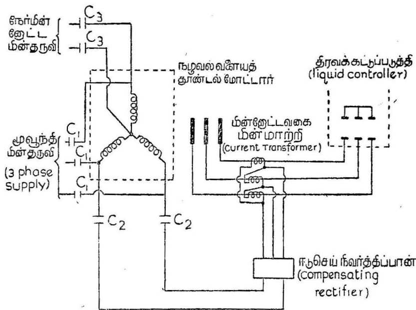
(ii) நழுவல் வளைய தூண்டல் மோட்டார் : இந்த அமைப்பில் தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையியினை மாறுதிசை மின்னோட்ட மின் தருவியிலிருந்து, நேர் மின்னோட்ட மின் தோற்றுவியுடன் இணைக்க வேண்டும். அதே சமயத்தில் நழுவல் வளையங்களை வெளிப்புறத் தடைகளுடன் இணைக்க வேண்டும். இதனால் நிலையியின் சுருணைகள் கிளர்வுற்று நேர்மின்னோட்ட காந்தப் பாய்வினை (magnetic flux) அளிக்கிறது. முன்னரே தேக்கி வைக்கப்பட்ட இயங்கு ஆற்றலால் மோட்டார்ச் சுழலி, சுற்றப் படுவதால் காற்று இடைவெளியில் உள்ள நிலையான காந்தப் பாய்வினை (steady flux), குறுக்கு-சுற்றதரிடப்பட்ட சுழல் மின் கடத்திகள் (short-circuited rotor conductors) வெட்டுவதால் அந்த மின் கடத்திகளில் மின்னியக்கு விசை (e.m.f.) உண்டா கிறது. ஒவ்வோர் உந்தியில் (each phase) உள்ள சுழலிச்சுருணை வெளிப்புற மின்தடைகளுடன் குறுக்குச் சுற்றதரினால் (short ciruit) மூடப்பட்டிருப்பதால், சுழல் மின்னோட்டம் மின் தடைகளினூடே பாய்ந்து நிறுத்தல் விளைவினை உண்டாக்குகிறது. அதாவது இந்த வகை நிறுத்தல் காலப் பகுதியில் தூண்டல் மோட்டார் ஒத்தியங்கு மின்னாக்கியாக (synchronous alternator) இயங்குகிறது. எனினும், இந்த மின்னாக்கியின் அலைவெண் வேகத்திற்கேற்ப மாறுபடும்.

இந்த வகை நிறுத்தி-திருக்கத்தினை (braking torque) கீழ்க் கண்ட இரு வகைகளில் ஒழுங்குபடுத்தலாம் :

(1) நேர்மின்னோட்டக் கிளர்வுமூலம் கட்டுப்படுத்துதல்.

(2) சுழலி மின்தடையினை மாற்றியமைத்தல்.

நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் காந்தமுனையுடைய ஒத்தியங்கு மின்னாக்கி (salient pole synchronous machine) யுடன், தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையியின் சுருணையை ஒத்திட்டுப் பார்க்கும் பொழுது, தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையியின் சுருணை குறைந்த சுற்றுகளாலானது. ஆகவே, இத் தூண்டல் மோட்டாரில், குறிப்பிட்ட திருக்கத்தினைப்பெற மிகையான கிளர்வு மின்னோட்டம் தேவைப்படுகிறது. இதனால் நிலையியில் ஏற்படும் காந்தப்பாய்வு தெவிட்டிய நிலையினை அடைவதுடன், நிலையியும் மிகுதியான சூடாக்கத்தினை அடைகிறது. எனவே, நிலையியின் கிளர்வுக்கும் (stator excitation), நிறுத்தி-திருக்க வளர்ச்சிக்கும் ஓர் எல்லை உண்டு. சுழலி மின் தடையினைக் குறைத்து, சுழலி மின்னோட்டத்தினை அதிகரித்தால், மின்னக எதிர்வினைப்பால் காந்த இறக்கம் அதிகரிக்



படம் 1-42.

நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டார்

கிறது. ஆகவே, குறிப்பிட்ட வரம்பிற்கு மேலே சுழலிமின்னோட்டத்தினை அதிகரித்தால், நிறுத்தி-திருக்கம் அதிகரிப்பதற்குப்பதிலாகக் குறைய ஆரம்பிக்கும். இக் குறையபிணே நிவர்த்திக்கும் பொருட்டு, படம் 1-42-ல் காட்டியபடி, சுழலிமின்னோட்டத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் மாறுபடும் நேர்மின்னோட்டக் கிளர்வினை (D. C. excitation) சுழலிச்சுற்றதரினுட் செலுத்த வேண்டும்.

நழுவல் வளையத் தூண்டல் மோட்டார், மோட்டராக இயங்கும் பொழுது, C_1 என்னும் தொடுமுனைகள் மூடிய நிலையிலிருக்கும் C_2, C_3 தொடுமுனைகள் திறந்த நிலையிலிருக்கும். நிறுத்தியினைப் பொருத்தியவுடன், C_1 என்னும் தொடுமுனைகள் திறந்து, C_2, C_3 தொடுமுனைகளை மூடச் செய்யும். இந்நிலையில் நேர்மின்னோட்ட மின்தருவி ஓர் உந்தி (one phase) நிலையியின் சுருணைக்குக் குறுக்கே வழங்கப்படும். ஈடுசெய்-நேர்மின்னோட்டத் தோற்றுவாய் (compensating d. c. source) மற்ற இரண்டு உந்தி (two phases) நிலையியின் சுருணைகளுக்குக் குறுக்கே வழங்கப்படும். மின்னோட்ட வகை மின்மாற்றியின் (curent transformer) துணைச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம், சுழலிமின்னோட்டத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். இந்த மின்னோட்டம் ஈடுசெய்-நிவாத்திப்பானால், நிவர்த்திக்கப்பட்டு, மின்னக-எதிர்வினைப்பால் ஏற்படும் காந்தப்புல இறக்கத்திற்கு ஈடு செய்கிறது. இப்படிப்பட்ட அமைப்பின்மூலம் முழுச் சுமை நிறுத்தி-திருக்கத்தினை (braking-torque) மிகச் சிறிய வேகங்களிலும் பெறலாம். இப்படிப்பட்ட நேர்மின்னோட்ட இயங்கு வகை நிறுத்தியினை (D. C. dynamic braking) சுரங்கச் சுழல் ஏற்றப்பொறி நழுவல்-வளையத் தூண்டல் மோட்டாருக்குப் (mine winder slip ring motor) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

உயர்வேகங்களில் நிறுத்தி-திருக்கம் பயனுறுதி வாய்ந்ததாயிருக்க வேண்டுமானால், சுழலித் தடையினை (rotor resistance) அதிகரிக்க வேண்டும். மேலும், இந்த வகை நிறுத்தியினைத் திருப்திகரமாகப் பயன்படுத்த வேண்டுமானால், நிறுத்தல் காலப் பகுதியின் ஆரம்பத்தில் உயர்மின் தடையினைச்சுழலிச்சுற்றதருடன் இணைத்து, பிறகு வேகக் குறைவுக்கு ஏற்றவாறு மின்தடையின் அளவினைப் படிப்படியாகக் குறைத்துக்கொண்டே வரவேண்டும். இத்தகைய மாற்றம் அணிற்கூடு வகைத் தூண்டல் மோட்டாரில் சாத்தியமாகாது.

(iii) ஒத்தியங்கு மோட்டார் : இம் மோட்டாரில் நேர்மின்னோட்டக் கிளர்வு உள்ளவரை, மின்தடை மாற்றி நிறுத்தியினை இம் மோட்டாருக்குச் சுலபமாகப் பயன்படுத்தலாம். இந்த வகை நிறுத்தியினை இம் மோட்டாரில் பொருத்தியவுடன், மோட்டார்-மின்னகம், மாறுதிசை, மின் தருவியிலிருந்து. பிரிக்கப்பட்டு, முக்கிளை அல்லது முக்கோண வடிவத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள மின்தடைகளுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இயல்பாக ஓடிக்கொண்டிருக்கும் ஒத்தியங்கு-மோட்டாரின் மின்னகத்தை இங்ஙனம் மாற்றியமைத்தால், இப் பொறி ஒரு மாறு-மின்னாக்கி (alternator) போல் இயங்கி மின்தடைகளினூடே மின்னோட்டத்தினைப் பாய்ச்சு

கிறது. சுழலும் பகுதிகளில் தேக்கி வைக்கப்பட்டிருந்த இயங்கு விசை (kinetic energy) மாறு-மின்ளுக்கியால் மின்னூற்றலாக மாற்றப்பட்டு, மின் தடைகளில் மின்னிழப்பு அடைந்து, பிறகு வெப்ப ஆற்றலாக இம் மின் தடைகளிலிருந்து வெளிப்படுகிறது.

1-3-5-3. மீள்–ஆக்க நிறுத்தி (Re-generative braking)

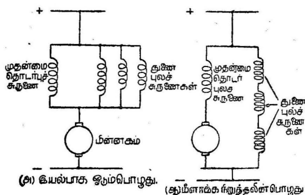
இந்த வகை நிறுத்தியில், மோட்டாரினை மின் தருவியிலிருந்து பிரிப்பதற்குப் பதிலாக, மின் தருவியுடன் நிலையாக இணைக்கப் பட்டு, நிறுத்தல் ஆற்றலினை (braking energy) அல்லது மோட்டா ரின் சுழலும் பகுதிகளின் இயங்கு - ஆற்றலினை, மின் தருவியின் அமைப்புக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. இந்த வகை நிறுத்தி யில், நிறுத்தல் ஆற்றல் (braking energy), மற்ற வகை நிறுத்தி களைப்போல் வீணாக்கப்படுவதில்லை. மாறாக மின் திறன் அமைப் புக்கே திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. ஆகவே, இந்த வகைநிறுத்தி மேற் கூறிய இருவகை நிறுத்திகளைக் காட்டிலும் சிறந்தது.

மீள் - ஆக்க நிறுத்தியினை (i) நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார் (ii) நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார் (iii) தூண்டல் மோட்டார் ஆகியவற்றிற்குப் பயன்படுத்தலாம்.

(i) நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார்: நேர் மின்னோட்ட மின்பொறி, மின் தருவியிலிருந்து ஆற்றலினைப் பெறுகிறதா அல்லது மின் தருவிக்கு ஆற்றலினை வழங்குகிறதா என்பது அப் பொறியினுள் உண்டாகும் தூண்டு மின் இயக்கு விசையின் (induced e. m. f.) அளவினைப் பொறுத்துள்ளது. அதாவது இப் பொறியின் மின்னியக்கு விசை, மின் தருவியின் மின்னழுத்தத் திற்குக் குறைவாயிருந்தால் இந்த மின்பொறி மோட்டாராகவும், மின்னியக்கு விசை அதிகமாயிருந்தால், மின்னாக்கியாகவும் இயங் கும். ஆனால் மின்னியக்கு விசை, மின்பொறியின் வேகம், கிளர்வு ஆகியவற்றினைப் பொறுத்துள்ளது. ஆகவே, வேகத்தினையோ அல்லது புல மின்னோட்டத்தினையோ அதிகரித்தால் தூண்டு மின்னியக்கு விசையின் அளவு கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமாகும்.

ஒரு கிளைபுல மோட்டார் அதனுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின் சுமைக்கான மின் திறனைக் கொடுத்து இயல்பாக ஓடிக் கொண்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். புல மின்னோட்டம் மாறுநிலையி லிருந்து மின் சுமை குறையுமானால் மோட்டாரின் வேகத்தை அதன் இயல்பான வேகத்தினைவிட அதிகரிக்கச் செய்கிறது. இதனால் மின்பொறியின் மின்னியக்கு விசை அதிகரிக்கிறது.

இந்த மின்னியக்கு விசையின் அளவு வழங்கப்பட்ட மின்னழுத்த அளவிற்கு மேலாக இருப்பின், மின்னகத்தினூடே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசை மாறி, மின் திறன் மின் பொறியிலிருந்து மின் தருவிக்கு மின்னோட்டம் வழங்கப்பட்டு மின்பொறியில், மேலும் வேக அதிகரிப்பு ஏற்படாமல் தடுக்கப்படுகிறது. வேகத்திற்குப் பதிலாக புல மின்னோட்டத்தினை அதிகரித்தாலும், இதே மாதிரி விளைவு ஏற்பட்டு, மோட்டாரின் வேகம் விரைவில் குறைந்து புதிய புல மின்னோட்ட மதிப்பிற்கேற்ற வேகத்தினை அடைகிறது. ஆகவே மீள்-ஆக்க நிறுத்தியைக் கிளை-புல மோட்டாரில் பயன்படுத்துவது எளிதான காரியம். குறிப்பாக பாரந்தூக்கிச் சுமையினைக் கீழே இறக்கும் பொழுது, அச் சுமையினைக் குறிப்பிட்ட வேகத்தில் (to hold a load at certain speed) பற்றிப்பிடித்து வைத்திருக்க வேண்டிய அவசியமேற்படுகிறது. கிளைபுல மோட்டாரில் மீள்-ஆக்க நிறுத்தியினைப் பயன்படுத்தி அப்படிப்பட்ட சுமையினைக் குறிப்பிட்ட உயரத்தில் உறுதியாகப் பற்றியிருக்கும்படிச் செய்யலாம். குறைந்த வேகங்களில், மோட்டார் இயங்கும் பொழுது போதிய புல மின்னோட்ட அதிகரிப்புக் கிடைக்காததால், மிகக் குறைந்த வேகங்களில் மீள்-ஆக்க நிறுத்தியினைப் பயன்படுத்த முடியாது.



படம் 1-43.
தொடர்புல மோட்டாரில் மீள்-ஆக்க நிறுத்தி

(ii) நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார்: இந்த அமைப்பில் தேவையான மீள் ஆக்கத்தினைப் பெறுவதற்கு மின்னகத்தினூடே பாயும் மின்னோட்டத் திசையினை மாற்ற வேண்டும். அங்ஙனம் செய்யும பொழுது தொடர்புலச் சுருளின் முனைமைகளும் (polarity) மாற்றமடைந்து மின்-மின்னியக்கு விசையின் (back. e.m.f.) திசையினை மாற்றச் செய்கிறது. அப்படியும், சரியான நேரத்தில் புலச் சுருளின் முனைமைகளை மாற்றி அமைத்தாலும்,

இந்த வகை நிறுத்தி (braking) பயனற்றதாய் விடுகிறது ஏனெனில், புல முனைமைகளை மாற்றுந் தருணத்தில், மோட்டாரின் தூண்டு-மின்னியக்குவிசை மிகக்குறைவாக இருக்கும். ஆகையால் மின்னோட்டம் புலத்தின் வழியாக எதிர்த் திசையில் பாய்ந்து, காந்தபுல திசையினை மாற்றுகிறது. இதனால் மோட்டார் மின்னியக்கு விசை, கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திற்கு எதிர்த் திசையில் இல்லாமல், அதற்கு உறுதுணையாயிருந்து, மின்னழுத்த அளவினை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. இதனால் மின் தருவிக்கே குறுக்குச் சுற்றதர் (short circuit of supply) இடப்படும் நிலைமை ஏற்படுகிறது. இந்தச் சிக்கலை நிவர்த்தி செய்து, நிறைவுள்ள மீளாக்க-நிறுத்தில் அமைப்பினைச் சாதாரண வழியில் பெறுவது சாத்தியமாகாது. ஆகவேதான், இந்த வகை நிறுத்தியினைத் தொழிலகங்களில் பொதுவாகப் பயன்படுத்துவதில்லை. எனினும், புலச்சுருளைகளை மாற்றியமைப்பதன் மூலம், தொடர்புல மோட்டாரில் மீள்-ஆக்க நிறுத்தியினைப்பயன்படுத்தலாம்.

ஒரே ஒரு தொடர்புல மோட்டாராய் இருந்தால், இயல்பாக ஓடும்பொழுது படம் 1-43 (அ)-ல் காட்டியபடி, அதன் முதன்மை தொடர்புலச சுருளையுடன், துணைபுலச் சுருளைகளை இணைநிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மீளாக்க நிறுத்தத்தின்போது துணைபுலச் சுருள்கள் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டு, படம் 1-43 (ஆ)ல் காட்டியபடி, மின்தருவிக்குக் குறுக்கே இடப்படும். இந்த நிலையில், மின்பொறி கூட்டுப்புல மின்னாக்கியாக (சிறிது வேறுபாட்டுக் கூட்டுப்புலம்) இயங்குகிறது. இம்முறைக்கு பிரெஞ்சு முறை (French method) என்று பெயர். மின்முறை இழுப்புப் பணிகளுக்கு இம் முறை எப்படி பயன்படுத்தப்படுகிறது என்பதினை அத்தியாயம் 2-ல் விரிவாகப் பார்ப்போம்.

(iii) தூண்டல் மோட்டார்: தூண்டல் மோட்டாருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்சுமை, இம் மோட்டாரினை ஒத்தியங்கு வேகத்திற்குமேல் இயக்கினால், இந்த மின்பொறி, தூண்டல் மின்னாக்கியாக இயக்கப்பட்டு, மின்திறனை, மின் தருவிக்கு வழங்குகிறது. இந்த முறை மலைப்பிரதேச இரயில்வேக்களுக்கு உகந்தது. மொத்த மின்னாற்றலில் 20 சத வீத அளவு மின் தருவிக்குத் திருப்பி அனுப்புகிறது. இதனால் தடுப்புக்கட்டைகளின் தேய்வும் குறைகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 1-22.

தடைமாற்றி நிறுத்தி அமைப்பினைக் கொண்டு, தொடர்புல மோட்டாரின் வேகத்தினை 300 சுற்றுகள்/நிமிடத்திற்குக் கட்டுப்படுத்த வேண்டும். மோட்டார் மின்னகம் அதன்

புலம் ஆகியவற்றின் மொத்த மின்தடை 0·50 ஓம். 0·4 மீட்டர் ஆரத்தில் 40 கிலோ கிராம் எடையினைச் சுமக்கும் பளு தூக்கியினை (hoist) இந்த மோட்டார் இயங்கச் செய்கிறது என்றால், மோட்டார்ச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படும் மின்தடையின் அளவினை மதிப்பிடுக. 400 சுற்றுகள் / நிமிடம் வேகத்தில் மோட்டார் ஓடும் பொழுது கிடைக்கும் காந்த சிறப்பியல்புகள் பின்வருமாறு :

மின்னோட்டம் (ஆம்பியர்கள்)	20	40	60	80	100
மின்னியக்கு விசை (வோல்ட்டுகள்)	180	200	220	232	240

தீர்வு :

பளுதூக்கியை இயங்க வைக்கும்பொழுது, மோட்டாரில் ஏற்படும் சுமைதிருக்கம் $= 40 \times 0{\cdot}4 \times 9{\cdot}81$

$= 156{\cdot}96$ நியூட்டன்—மீட்டர்.

இச்சுமை திருக்கத்தில் மோட்டார் ஒரு தொடர்புல மின்னாக்கியாக (generator) வேலை செய்கிறது. அப்பொழுது உண்டாகும் மின்திறன் வெளிப்பாடு.

$$= \frac{2\pi NT}{60} \text{ வாட்டுகள்}$$

$$= \frac{2\pi \times 300 \times 156{\cdot}96}{60} = 4932 \text{ வாட்டுகள்.}$$

300 சுற்றுகள் / நிமிடம் வேகத்தில் கிடைக்கும் மோட்டாரின் காந்த சிறப்பியல்புகள் பின்வருமாறு :

மின்னோட்டம் (ஆம்பியர்கள்) I	20	40	60	80	100
மின்னியக்கு விசை (வோல்ட்டுகள்) E	135	150	165	174	180
மின்திறன் $(E \times I)$ வாட்கள்	2700	6000	9900	13,920,	18,000

4932 மதிப்புள்ள திறன்வெளிப்பாடு, மின்னோட்டம் 20 ஆம்பியருக்கும் 40 ஆம்பியருக்குமிடையிலும், மின்னியக்கு விசை 135 வோல்ட்டுக்கும் 150 வோல்ட்டுக்குமிடையிலும் இருக்கிறது.

ஆகவே, 4932 வாட்கள் மின்திறனுக்குச் சரியொப்ப மின்னியக்குவிசை

$$= 135 + \frac{4932 - 2700}{6000 - 2700} \times (150 - 135)$$

$$= 135 + \frac{2232}{3300} \times 15$$

$$\doteq 145{\cdot}15 \text{ வோல்ட்டு}$$

4932 வாட்கள் மின் திறனுக்குச் சரியொப்ப மின்னோட்டம்

$$= 20 + \frac{4932 - 2700}{6000 - 2700} \times (40 - 20)$$

$$= 20 + \frac{2232}{3300} \times 20$$

$$= 20 + 13{\cdot}53$$

$= 33{\cdot}53$ ஆம்பியர்கள்

மோட்டார் சுற்றதரில் இணைக்கப்படும் மொத்த மின்தடையின் அளவு $= \frac{145{\cdot}15}{33{\cdot}53} = 4{\cdot}326.$

மோட்டாருடன் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்படும் மின்தடை $= 4{\cdot}326 - 0{\cdot}5 = 3{\cdot}826$ ஓம்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 1-23.

ஒரு நேர்மின்னோட்ட தொடர்புல இழுப்பு-மோட்டாருக்கு (traction motor) வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம் 600 வோல்ட்டுகள். இந்த மோட்டார் 50 கி. மீ/மணி சீருடை வேகத்தில் ஓடும்பொழுது எடுத்துக்கொள்ளும் மின்னோட்டம் 150 ஆம்பியர்கள். தடைமாற்றி நிறுத்தி வகையினைப் பயன்படுத்தினால் கிடைக்கும் நிறுத்தி திருக்கத்தினைக் (braking torque) கண்டுபிடிக்கவும். மோட்டாரின் தடை, தடைமாற்றியின் தடைமுறையே 1 ஓம், 5 ஓம்கள் எனக் கொள்க. மோட்டாரின் மின்னோட்ட - திருக்க சிறப்பியல்பு பின்வருமாறு :

மின்னோட்டம் (ஆம்பியர்கள்)	50	100	150	200
திருக்கம் (நியூட்டன்-மீட்டர்கள்)	120	480	880	1200

தீர்வு :

மோட்டாரின் மின் மின்னியக்கு விசை $= V - I.\ R$

$= 600 - 150 \times 1$

$= 450$ வோல்ட்டுகள்

தடைமாற்றி நிறுத்தி வகையினைப் பயன்படுத்தினால் மோட்டார் மின்னாக்கியாக இயங்க ஆரம்பிக்கும். ஆகவே 450 வோல்ட்டு மின்னழுத்தம் 6 ஓம் $(1 + 5)$ மொத்த மின்தடையுள்ள சுற்றதருக்குக் குறுக்கே கொடுக்கப்படும்.

$$\therefore \quad I = \frac{450}{6} = 75 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

75 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்திற்குச் சரியொப்பான திருக்கம்

$$= 120 + \left(\frac{75 - 50}{100 - 50}\right) \times (480 - 120)$$

$$= 120 + \frac{25}{50} \times 360 = 300$$

∴ நிறுத்தி – திருக்கம் = 300 நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.

1-3-6. மின்பொறி அமைப்பின் தனிச் சிறப்புகள்

ஒரு குறிப்பிட்ட தொழிலியல் பணிக்காக அமைக்கப்படும் மோட்டார், நிறைவுள்ள இயக்கத்துடன் நீண்டகாலம் உழைக்க வேண்டுமானால், பயன்படுத்தப்படும் இடத்திற்கு உகந்தவாறு மோட்டாரின் கட்டுமான அமைப்பு வலிமையுடையதாயிருக்க வேண்டும். அப்படிப்பட்ட மின்பொறி அமைப்பின் தனிச்சிறப்புகள் பின்வருமாறு :

(i) அடைப்பு வகைகள் (Enclosures)

(ii) தாங்கிகள் (Bearings)

(iii) மின் ஓட்டுகளின் செலுத்தம் (Transmission of drives)

(iv) இரைச்சல் (Noise)

(i) அடைப்பு வகைகள் : மோட்டாரின் பெரும்பாலான பகுதிகளாகிய கருணைகள் (windings) தாங்கிகள், மின்காப்புப் பொருள்கள் போன்றவை சுற்றுப்புறத்திலுள்ள தூசி, துமபுகள், உலோகத்துகள்கள், நீர், அமிலம், புகை போன்றவற்றினால் அசுத்தமாவதுடன், அழிந்து போகாமலுமிருக்க மோட்டாருக்கு தகுந்த அடைப்புகள் தேவை. இவை மோட்டாரினை அமைக்கும் இடத்தினைப் பொறுத்தும், மோட்டார் செய்யும் பணியினைப் பொறுத்தும் மாறுபடும்.

(அ) திறந்த வகை (Open type) அடைப்பு : இந்த வகை மோட்டாரின் இரு முனைப்பகுதிகளும் திறந்திருக்கும். இவற்றின் தாங்கிகள், பக்கப் பிடிப்பு ஆதாரங்கள் (pedestals) அல்லது ஏந்து வளைவு தாங்கிகள் (brackets) மூலம் தாங்கிப் பிடிக்கப்பட்டிருக்கும். இச் சாதனத்தின் நல்ல காற்றோட்டமிருக்கும். ஆனால், இத்தகைய மோட்டார்களுக்கு எந்தவித பாதுகாப்புமில்லை. ஆகவே, இதனைத்

தனிப்பட்ட பாதுகாப்பான அறையில் அல்லது செய்முறைக்கூடம் போன்ற இடங்களில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். பழைய வகை நேர் மின்னோட்ட மின்னாக்கி இதற்கோர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

(ஆ) பாதுகாப்பு வகை (Protected type) அடைப்பு: இந்த வகை மோட்டாரின் உட்புறத்தில் உள்ள சுழலும் பகுதிகளிலும், மின்னாற்றலுடைய பகுதிகளிலும் தவறுதலாகவோ அல்லது எதிர்பாராத வகையிலோ தொடுவதினால் விபத்து ஏற்படும். இத்தகைய தீங்குகள் ஏற்படாமலிருக்க மோட்டாருக்கு இவ்வகை அடைப்புமூலம் பாதுகாப்பு அளிக்கப்படுகிறது. எனினும், காற்றோட்டத்திற்குப் போதுமான திறந்த வெளியிடங்கள் பக்க வாட்டில் உள்ளன.

ஆ(i) திரை காப்பிடப்பட்ட வகை அடைப்பு மோட்டார் (Screen protected type): திறந்த வெளியிடங்களைப் பின்னல் கம்பிவலை, அல்லது திரை மூலம் மூடப்பட்டிருந்தால் அத்தகைய மோட்டாரினைத் 'திரைகாப்பிடப்பட்ட மோட்டார்' என்று சொல்வர். இந்த வகை பாதுகாப்பு அடைப்பினால், தூசி, துகள்கள் போன்றவை உள்ளே சென்றாலும், பெரிய பொருள்கள், கேடு செய்யும் புழு பூச்சி வகைகள் உள்ளே செல்லாது. திரையில் உள்ள நேர்த்தியான பின்னல் வலையின் பரப்பினைப் (0·6 ச. செமீ. முதல் 3 25 ச. செமீ. வரை) பொறுத்துக் காற்றோட்ட மதிப்பு இருக்கும். இந்த வகை மோட்டார்கள், உலர்ந்த, தூய்மையான, வாயுப்புகையற்ற இடங்களில் பயன்படுத்தப்படும்.

ஆ (ii) சொட்டுச் சொட்டாக வடியாமல் தடுக்கும் வகை (Drip proof motor): இதுவும் ஒருவகை திரையிடப்பட்ட காப்பு வகை அடைப்பு முறையாகும். இதிலும் காற்றோட்ட வசதி உண்டு. ஆனால், செங்குத்தாக விழும் நீர், தூசு போன்ற இதரப் பொருள்கள் உட்சேராமல் மோட்டார் கவச நுனிகள் பாதுகாக்கின்றன. ஈரமான பகுதிகளில் இத்தகைய மோட்டார் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஆ (iii) சிதறல் தடைகாப்பான் (Splash proof motor): இந்த வகை மோட்டாரின், மழைத் தண்ணீர் போன்றவை செங்குத்துத் திசைக்கு 100° கோண அளவுக்கு மிகையாமல் விழுந்தால் எந்த வித கேடும் விளையாது. இத்தகைய மோட்டார்கள் மழைப்பகுதிகளில் பயன்படுத்தப்படும்.

(இ) முழு அடைப்பு மோட்டார்கள் (Totally encolsed motors): இந்த வகை மோட்டார்களில், மோட்டாரினுள் அடைந்து

கிடக்கும் காற்றுக்கும் மோட்டாரைச் சூழ்ந்துள்ள வெளிப்புறக் காற்றுக்கும் எவ்விதத் தொடர்பும் இல்லை. எனினும், காற்றுப் புகாதவாறு அமைக்கப்பட வேண்டிய அவசியமில்லை. மோட்டாரினுட் சென்று இடையூறு விளைவிக்கத்தக்க தும்பு, தூசி, நீர், எண்ணெய், வாயுக்கள் போன்றவை புகாதவாறு பாதுகாக்கப்பட வேண்டும். இயல்பான குளிர்வுநிலை போதுமானதாகக் கருதப்படும் வெளிப்புறப் பகுதிகளில் இத்தகைய மோட்டார்களைப் பயன் படுத்தலாம்.

வெளிப்புறத்தில் மின்விசிறியினை இணைத்து வெளிப்புறக் காற்றினை, மோட்டாரினுட் செலுத்திக் குளிர்ச்சியாக வைக்க வேண்டிய பகுதிகளைக் குளிர வைக்கலாம். இந்த முழு அடைப்பு வகை மோட்டார்களில் அதிக அளவு காற்று இடைவெளி அனுமதிக்கப்பட வேண்டும். ஆகவே, இவற்றின் மிக உயர் மின்திறன் அளவு 50 முதல் 70 குதிரைத்திறன் வரை இருக்கும்.

குழாய் காற்றோட்ட (Pipe ventilated type) வகை மோட்டார் : 50 அல்லது 70 குதிரைத் திறனுக்குமேல், முழு அடைப்பு வகை மோட்டார் கடினமானது. எளிதில் செயல்படத்தக்கதன்று. அப்படிப்பட்ட இடங்களில் குழாய் காற்றோட்ட அமைப்பு பயன் படுத்தப்படும். தூய காற்றினைக் குழாய்மூலம் செலுத்தி மோட்டாரைக் குளிர வைப்பர் இத்தகைய மோட்டார்களைக் கீழ்க்கண்ட முறைகளில் குளிர வைக்கலாம்:

(1) தற் காற்றோட்டம் (Self ventilation)

(2) உறுத்திழுப்பு முறை அல்லது முடுக்கிழுப்பு முறை (Forced draught)

(3) தூண்டீர்ப்பு முறை (Induced draught)

இந்த வகை மோட்டாரின் கொள்விலை மிக அதிகமாக இருக்கும்.

தீச்சுடர் தடைகாப்பு (Flame proof) மோட்டார் : நிலக்கரிச் சுரங்கம் போன்ற தீச்சுடர்ப் பகுதிகளில், இத்தகைய மோட்டார் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது ஒரு தனிச்சிறப்பு வாய்ந்த முழு அடைப்பு மோட்டாராகும். இந்த அமைப்பில் மோட்டாரின் உட்புறப்பகுதிக்கும் வெளிப்புறப்பகுதிக்கும் திருக்கு மறுக்காக அமைக்கப்பட்ட வளைந்து வளைந்து செல்லும் வழி உள்ளது. இந்த அமைப்பின் முக்கியத்துவம் என்னவென்றால், மோட்டாரின் உட்பகுதியினுள்ள வாயு தீப்பற்றி எரிந்தால், மோட்டாரிலுள்ள

சுருணைக்குச் சேதம் விளைவிக்காமல் தாங்குந் திறன் வாய்ந்ததா யிருப்பதுடன் இந்த உட்புறத் தீச்சுடர், வெளிப்புறத்திலுள்ள வாயுக்களைப் பற்ற வைக்காது. இந்த மோட்டார்கள் தூய்மிப்பு ஆலைகள், சுரங்கங்கள், பெட்ரோல் நிலையங்கள் முதலிய இடங் களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

தாங்கிகள் (Bearings) : மோட்டாரில் பயன்படுத்தப்படும் தாங்கிகள் இருவகைப்படும். (i) இடையிணைப்புக்குழல் வகை (sleeve) தாங்கிகள், (ii) குண்டு அல்லது உருளை கொண்ட (ball or roller) தாங்கிகள்.

(i) இடையிணைப்புக்குழல் வகை: இவை வெண்கலத்தினால் செய்யப்பட்டவை. எனினும், விசிறி மோட்டார்களுக்கு, வெந் நீராவிப்படிவத்துகள் அல்லது நுண் துளைகளையுடைய உலோ கத்தினைப் பயன்படுத்துவர். இவற்றில் உள்ள நுண்துளை களினால் இயல்பாக உயவிடுந்தன்மை (lubricating property) ஏற்படுகிறது. சிறிய மோட்டார்களுக்குப் பயன்படுததப்படும் இடையிணைப்புக்குழல் தாங்கிகளுக்கு எண்ணெய்த்திரியினால் உயவிடப்படுகிறது.

குண்டு அல்லது உருளைத் தாங்கிகள் : கிட்டத்தட்ட 100 குதி ரைத் திறன் திட்டவரை அளவுகொண்ட மோட்டார்கள்வரை, இப்படிப்பட்ட தாங்கிகளைப் பயன்படுத்தலாம். இற்றில் கடினமான உட்புற, வெளிப்புற குண்டுகள் இயங்கும் நீள்பள்ளமும், குண்டு கள் அல்லது உருளைகள் கொண்ட ஒரு கூடும் உள்ளன. இவை கடினமான மேற்பரப்புகளுடன் தொடர்புற்றிருப் பதால், உருள் உராய்வு ஏற்படுகிறது. இந்த வகைக் தாங்கிகள் குறைந்த ஓட்ட உராய்வும், தொடக்க உராய்வும் கொண்டவை. மோட்டாரின் இருசு கிடைதளத்தைத் தவிர, மற்ற வேறெந்த தளத்திலாவது இருந்தால், இந்த வகைத் தாங்கிகள் மிகவும் அவசியமானவை. ஏனெனில், குண்டு தாங்கி மட்டுந்தான் அச்சு அழுத்தத்தைத் (axial thrust) தாங்கவல்லது.

இந்த வகை தாங்கிகளின் மேன்மைகள் :

(1) பராமரிப்புக் குறைவு.

(2) தூசி போன்றவற்றினால் அபாயம் ஏற்படாமல் பாதுகாக்கப்படுகிறது.

(3) தொடக்க உராய்வு மிகக் குறைவு.

(4) நிலையியிக்கும் சுழலிக்கும் இடையேயுள்ள காற்று இடைவெளி மாருநிலையிலிருக்கச் செய்கிறது.

(5) இந்தத் தாங்கிகளின் தேய்வு குறைவு.

செலுத்தல் ஓட்டம் (Transmission of Drive): பொறித் திறனைச் செலுத்துவதற்கு வெவ்வேருன முறைகள் மேற்கொள்ளப் படுகின்றன. உயர் வேகத்தில், மோட்டாரின் பயனுறுதிறனும், மின் திறன் காரணியும் அதிகம். மேலும் கொள்விலை/குதிரைத்திறன் மிகக் குறைவு. இந்தக் காரணத்தினுல்தான் உயர்ந்த வேகங்களைக் கொண்ட மோட்டார்களை உற்பத்தி செய்கின்றனர். குறைந்த வேகங்களில் குறிப்பிட்ட பல்லிணை அமைப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. சில உற்பத்தியாளர்கள் இந்தப் பல்லிணை அமைப்பினை மோட்டாருடன் இணைத்துத் தயாரிக்கின்றனர்.

(i) பட்டை ஓட்டம் (Belt Drive): தோல் பட்டையைப் பொதுவாக எல்லா இடங்களிலும் பயன்படுத்துகின்றனர். நழுவலினுல் ஏற்படும் பொறித்திறன் இழப்பு 3 முதல் 4 சதவீதம் வரை இருக்கும். இந்த ஓட்டத்தின் மூலம் செலுத்தப்படும் பெரும குதிரைத் திறன் அளவு சுமார் 300 H. P.

(ii) கயிற்று ஓட்டம் (Rope Drive): பட்டை ஓட்டத்தைப் பயன்படுத்த முடியாத இடங்களில் கயிற்று ஓட்டத்தினைப் பயன்படுத்துவர். கப்பியின் (pulley) 'V' வடிவ வரிப்பள்ளத்தில் அதிக எண்ணிக்கை கொண்ட கயிறு பயன்படுத்தப்படும். இதில் ஏற்படும் நழுவல் புறக்கணிக்கத் தக்க அளவினையுடையதாயிருக்கும்.

(iii) சங்கிலி ஓட்டம் (Chair drive): பட்டை ஓட்டம், கயிற்று ஓட்டம் இவற்றுடன் ஒப்பு நோக்கும் பொழுது சங்கிலி ஓட்டம் மிகவும் விலை உயர்ந்தது. உயர் வேக விகிதத்திற்கு (6 1) இதனைப் பயன்படுத்தப்படும். இம் முறை ஓட்டத்தில் நழுவல் இல்லை. இது மிகவும் அதிக பயனுறுதிறன் வாய்ந்தது.

(iv) நேரிடை இணைப்பு (Direct coupling): இயக்க வேண்டிய பொறி இயக்குப் பொறியாகிய மோட்டாருடன் ஒரே மட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டிருந்தால், இம் முறையினைப் பயன்படுத்துவர். பொறிகள் குதித்தாடுவதினைத் (jerks) தவிர்க்கும் பொருட்டு நெகிழ்வு இணைப்பினைப் பயன்படுத்துவர்.

(v) செங்குத்து ஓட்டம் (Vertical drive): இந்த வகை ஓட்டத்தில் இடவசதி காரணமாக மோட்டாரின் இருசு செங்குத்தாகப் பொருத்தப்படும்.

இரைச்சல் (Noise): தொழிலியல் நிறுவனத்திற்கு இரைச்சலின் அளவு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறைவாயிருக்கிறதோ, அந்த அளவிற்குப் பணியாளர்களின் சோர்வு குறைகிறது. வீட்டுச் சாதனங்களில் உள்ள மோட்டார்கள் இரைச்சலின்றி இயங்குவதையே எல்லோரும் விரும்புவர். அதேபோல் மருத்துவமனை, தியேட்டர்கள் போன்ற இடங்களிலும் இரைச்சலின்றி இயங்கும் கருவிகளே பெரிதும் விரும்பப்படும். இரைச்சல் ஒலிவகையில் காதைத் துளைக்கும் பேரொலி, கீச்சொலி ஆகியவற்றின் சுரத்தைப் (note) பொறுத்தது. ஒலி மட்டம் "டெசிபெல்" (decibel) என்ற அலகால் அளவிடப்படும்.

தொழிலியலில் பயன்படுத்தப்படும் சதாரண மோட்டார்களின் "டெசிபெல்" அளவு பின்வருமாறு. 5 குதிரைத் திறன் 500 சுற்றுகள்/நிமிடம் முழு அடைப்பு, அணிற்கூடு தூண்டல் மோட்டார் இரைச்சல் மட்டம் 40 முதல் 50 டெசிபெல் வரை; 350 குதிரைத் திறன், 3000 சுற்றுகள்/நிமிடம், காற்றோட்ட அமைப்புத் தூண்டல் மோட்டார் 100 டெசிபெல்.

மோட்டார்களில், இரைச்சல், தாங்கிகளின் உராய்வு, புரையுடை மின்னக அதிர்வு, பலவீனமான அடித்தளங்கள், பள்ளங்களின் (slot) தவறான எண்ணிக்கை ஆகியவற்றினால் ஏற்படுகிறது. ஆகவே, மோட்டார்களை உற்பத்தி செய்வோர் இந்த மோட்டார்களின் திட்ட அமைப்பில் சிறப்பான முறையில் சீர்திருத்தி அமைப்பாரானால், இரைச்சலின் அளவினை ஓரளவு மட்டப்படுத்தலாம். அதேபோல் அதனைப் பயன்படுத்துபவர்கள், பலமான அடித்தளத்துடன், மோட்டாரினைப் பொருத்தினால் மற்ற சாதனங்களுக்கு அதிர்வு மூலம் செலுத்தப்படும் ஒலியினைக் குறைக்கச் செய்யலாம்.

1-3-7. படித்தர திட்ட வரைகள் (Standard Ratings)

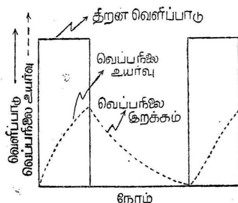
மோட்டார்களின் திட்டவரைகள் இந்திய படித்தர நிறுவனத்தின் விவரக் குறிப்பின்படி கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது:

(அ) தொடர் திட்டவரை: இது ஒரு மோட்டாரின் வெளியீட்டுத் திறனைக் குறிக்கும். மோட்டார் இந்தத் திட்டவரைத்திறனை, அனுமதிக்கப்பட்ட பெரும வெப்பநிலை உயர்வுக்கு மிகையாகாமல், தொடர்ந்து கொடுக்க வல்லது. இந்த மோட்டார் 25 சதவீத மிகைச் சுமையினையும் 2 மணி நேர அளவு கொடுக்குந் திறமை வாய்ந்தது.

(ஆ) தொடர் பெரும திட்டவரை: இது தொடர் திட்டவரையினைப் போன்றதெனினும், மிகைச் சுமையினை எடுத்துக்

கொள்ளும் தகுதியற்றது. ஒரு சுற்று/நிமிட வேகத்திற்கு 2·5 குதிரைத் திறன் அளவுக்கு மேம்பட்ட திறன் வாய்ந்த மோட்டார்களுக்கே இப்படிப்பட்ட திட்டவரை அளவுப் பயன் படுத்தப்படும்.

(இ) குறுகிய கால திட்டவரை : 1 மணி, ½ மணி, ¼ மணி போன்ற குறுகிய கால அளவில் ஒரு மோட்டார் கொடுக்கும் வெளியீட்டுத் திறனைக் குறிக்கும். இக் குறுகிய கால அளவில்

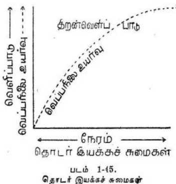


படம் 1-44.
குறுகிய கால இயக்கச் சுமைகள்

மோட்டார் அதன் திட்டவரைத் திறனில் இயங்கினால் விவரக் குறிப்பில் குறிப்பிட்டுள்ள அதன் வெப்பநிலை உயர்வுக்கு மிகையாகாமல் இருக்கும். மோட்டாரினைக் குளிர்வு நிலையிலிருந்து துவக்குவதாகக் கொள்ளப்படும் (படம் 1-44).

தொடர் திட்டவரை மோட்டார்கள் : பொதுவாக எல்லா இயக்கங்களுக்குத் தேவைப்படும் மின்சுமை, அவற்றினூடே பாயும் மின்னோட்டத்தில் நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். ஆகவே, ஏற்படும் மின்னிழப்புகள் மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். மோட்டாரில் ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு அதனுள் ஏற்படும் இழப்புக்குச் சமமாகக் கொள்வதால், மோட்டாரின் சூடாக்கம் அதில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கிறது. ஆகவே, நிலையான வெளியீட்டு மின் திறனில் வேலை செய்யும் மோட்டாரின் வெப்பநிலை உயர்வு சுழி மதிப்பிலிருந்து அதிகரித்துக் கொண்டே வந்து இறுதியில் தெவிட்டிய நிலையினை அடைகிறது (படம் 1-45). ஒவ்வொரு மோட்டாரில் பயன்படுத்தப்படும் மின்காப்பிடப்பட்ட பொருள்கள், குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வரம்பு அடையும் வரை, அவற்றின்

மின் காப்புத் தன்மை நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன. மின்விசிறிகள், வளி இறுக்கிகள் (air compressors) போன்ற மின் முறை ஓட்டுகளின் திறன் வெளிப்பாடு நிலையானது. ஆகவே,

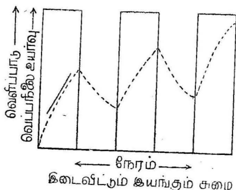


படம் 1-45.
தொடர் இயக்கச் சுமைகள்

இப்படிப்பட்ட இயக்குப் பொறிகளுக்குத் தேவையான திறனைக் கணக்கிட்டு அவற்றிர்குச் சமமான தொடர் திட்டவரை அளவினைக் கொண்ட மோட்டாரினை அனுமதிக்கப்பட்ட வெப்ப நிலை உயர்வுக்கு மிகையாகாமல் தேர்ந்தெடுக்கமுடியும். அங்ஙனம் தேர்தெடுக்கும் பொழுது, மோட்டாரின் திறன் உண்மையான இயங்கு பொறி அளவிற்குக் குறைவாயிருந்தால், மோட்டார் மிகைச் சுமையுடன் இயங்கும். அப்படி இயங்கும்பொழுது மிகைச் சூட்டினையடைந்து அழிந்து போகும். மாறாக தேவைக்கு அதிகமான திறன் கொண்ட மோட்டாரினைத் தேர்ந்தெடுத்தால், அந்த மோட்டாரின் பயனுறுதிறன், திறன்காரணி போன்றவை, சரியான அளவுடைய மோட்டாரைக்காட்டிலும் குறைவாக இருக்கும். எங்கெங்கே மிகைச்சுமை நிகழாமல் இருக்கமுடியுமோ அவ்விடங்களில், தொடர் திட்டவரை மோட்டாரினைப் பயன் படுத்துவது சிக்கனமான முறையாகும்.

இடைவிட்டு இயங்கும் சுமைகளுக்கான மோட்டார்கள்: குறுகியகால சுமையினையுடைய மோட்டாரில், சூடாக்கப்பட்ட மோட்டார், சூழ் வெப்பநிலைக்குக் குளிர்ச்சியடையும் நிலைக்குப் போதுமான அளவுக்குச் சுமை நீங்கியிருக்கும் இடைவேளையின் காலப்பகுதி (படம் 1-46) நீண்டிருக்கும். பாலங்கள், பூட்டு வாயில்கள் (lock-gates), அணைகள் போன்றவற்றிற்குப் பயன்படுத் தப்படும் மோட்டார்கள் இத்தன்மையான குறுகிய கால திட்டவரை யினைக் கொண்டவை. சில அமைப்புகளின் உண்மையான சுமை நிலைமைகளுக்கு, ஒருமணி, அரைமணி போன்ற குறுகியகால திட்ட

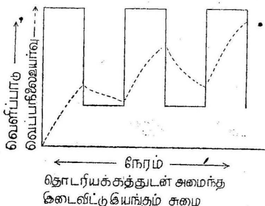
வரை அளவுகள் தோராயமாக ஒத்திருக்கும். ஆனால், இடைவிட்டு இயங்கும் சுமைகளில், மோட்டார்கள் குளிர்ச்சியடையும் அளவுக்கு,



படம் 1-46.
இடைவிட்டு இயங்கும் சுமை

சுமை நீங்கியிருக்கும் இடைவேளை நீடித்து இருப்பதில்லை (படம் 1-47). மின்முறை தூக்கிகள் (lifts), பாரந்தூக்கிகள் (cranes), உருள் ஆலைகள் (rolling mills) போன்றவை இத்தன்மையானவை. இப்படிப்பட்ட இயக்குப்பொறிகளுக்கான மோட்டாரின் வெப்பநிலை உயர்வு, குறிப்பிட்ட வரம்புக்கு மிகையாகாமலிருக்கும்படி மோட்டாரின் திட்டவரையினைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

குறிப்பிட்ட சுமை சுழற்சியில் இயங்கும் ஒவ்வொரு மோட்டாரின் வெப்பநேர வளைவு, குளிர்வுநேர வளைவு ஆகியவற்றினைக்



படம் 1-47.
தொடரியக்கத்துடன் அமைந்த இடைவிட்டு இயங்கும் சுமை

கணக்கெடுத்து, எந்த ஒரு சிறிய திட்டவரை அளவுகொண்ட மோட்டார், பாதுகாப்பான வெப்பநிலை உயர்வுக்குள் இயங்குந் தன்மைவாய்ந்ததாய் உள்ளதோ, அந்த மோட்டாரே இத்தன்மை

யான இடைவிட்டு இயங்கும் மாறுநிலை சுமைகளுக்கு ஏற்றது. இங்ஙனம் மோட்டாரின் வெப்பநேர வளைவு, குளிர்வுநேர வளைவு ஆகியவற்றை நிர்ணயித்தபின், குறிப்பிட்ட பணிசுழற்சிக்கு உகந்ததா என்று கண்டறியும் முறையே சிறந்த துல்லியமான செய்முறையாகும். ஆனால், மோட்டார்களின் வெப்ப நேர, குளிர்வு நேர வளைவுகளைத் துல்லியமாக வரைந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் விவரங்கள் கிடைப்பது அரிது. ஆகவே சுமை வளை கோட்டின் சராசரி-இருமடியின் இருமடிமூலத்தினைக் (root-mean-square) கணக்கிட்டு, அதற்கு நிகரான தொடர் திட்டவரை அளவினைத் தேர்ந்தெடுக்கப்படும் இந்த முறையே பொதுவாகப் பயன் படுத்த படுகிறது.

மோட்டார் வகைகளும், அவற்றின் உயர் மின்னழுத்தமும், குதிரைத்திறன் அளவுகளும் கீழே உள்ள அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன:

மோட்டார் வகை	மின்னழுத்தம், குதிரைத்திறன் இவற்றின் வரம்பு
(1) மூவுந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட மோட்டார்கள்	
(அ) அணிற்கூடு வகை	11 kv, 300h. p.
(ஆ) நழுவல் வளையத் தூண்டல் வகை	11 kv, 11,000 h. p.
(இ) சிரேகி (schrage)	1000 h. p.
(ஈ) ஒத்தியங்கு வகை	15 kv, 10,000 h. p.
(உ) ஒத்தியங்கு தூண்டல்வகை	11 kv, 5,000 h. p.
(2) ஒருந்தி, மாறுதிசை மின்னோட்ட மோட்டார்கள்	
(அ) தொடர்நிலை (series)	3000 h. p.
(ஆ) விலக்கு இயக்கி (Repulsion)	100 h. p.
(3) நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்கள்	
(அ) கிளைபுலம்	3 kv, 25,000 h. p.
(ஆ) தொடர்புலம்	1.5 kv, 3000 h. p.
(இ) கூட்டுப்புலம்	1·5 kv, 3000 h. p.

தேவையான மோட்டாரின் திறன் அளவினைத் தீர்மானம் செய்தல்:

மாறு நிலையுடைய திருக்கச் சுமைகளுக்கான, மோட்டாரின் திறன் அளவினைக் கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டின்மூலம் கணக்கிடலாம்:

நேரான இயக்கத்திற்கு, மோட்டாரின் குதிரைத்திறன்

$$= \frac{F \times V}{75\,\eta} \quad \text{(மெட்ரிக் குதிரைத்திறன்)} \quad \dots \quad (1\text{-}55)$$

இதில் F என்பது விசை (கிலோ கிராம்).
V என்பது திசைவேகம் (மீட்டர்கள்/வினாடி)
η என்பது பயனுறுதிறன்.

கோண முடுக்கத்திற்கு, மோட்டாரின் குதிரைத்திறன்

$$= \frac{T\,N}{716} \quad \text{(மெட்ரிக் குதிரைத்திறன்)} \quad \dots \quad (1\text{-}56)$$

$$= \frac{T\,N}{975\,\eta} \quad \text{(கிலோ வாட்கள்)} \quad \dots \quad (1\text{-}57)$$

இதில் T என்பது திருக்கம் (கிலோ கிராம்-மீட்டர்)
N என்பது வேகம் (சுற்றுகள்/வினாடி).

குறுகிய காலச்சுமையும், இடைவிட்ட சுமையும் தாங்கும் மோட்டாரின் திறன் அளவினைக் கீழ்க்கண்ட இரு வழிகளில் கண்டு பிடிக்கலாம்:

(i) சராசரி வர்க்க மூலத் திருக்க (Root mean torque) முறை

(ii) வெப்பநேர வளைகோடு (Heating time curve) முறை

(i) சராசரி வர்க்கமூலத் திருக்க முறை : மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டம் அதன் திருக்கத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கு மென்றும், அதனுடைய வெப்பம், மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும் என்றும் பார்த்தோம். $\therefore\ I \propto T$. ஆனால் $H \propto I^2$. $\therefore\ H \propto T^2$. ஆகவே வெப்பம், மோட்டாரின் திருக்கத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். குறைந்த நேரச்சுமைகளுக்கும், இடைவிட்டு நிகழ்கிற சுமைகளுக்கும், திருக்கம் மாறுநிலையாக இருக்காது. வெவ்வேறு நேரங்களில்

ஏற்படும் சுமை-திருக்கங்களின் அளவினை இருமடியாக்கி, அவற்றின் சராசரி வர்க்கமூலத்தைக் கண்டுபிடித்தால், இணைமாற்றுத் திருக்கத்திற்குச் சமமாகும்.

இணைமாற்றுத் திருக்கம்:

$$Te = \sqrt{\frac{T_1^2 \times t_1 + T_2^2 \times t_2 + T_3^2 \times t_3 + \ldots}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots}} \quad \ldots (1\text{-}58)$$

$\therefore$ மோட்டாரின் குதிரைத்திறன் $= \dfrac{Te.\ N}{716\ \eta}$ ... (1-59)

(ii) வெப்பநேர வளைகோடு முறை: விடாத் தொடரிணைப்புள்ள அல்லது இடையருத திட்டவரை அளவுடைய மோட்டார் குறைந்த கால அளவில் அதிகமான சுமையினைத் தாங்கவல்லது. அதாவது குறைந்த நேர சுமைகளுக்குச் சிறிய திறன் அளவுகொண்ட மோட்டார் போதுமானது.

மோட்டாரின் மாறு நிலையான இழப்புகளைப் புறக்கணித்தால் இறுதியாக அடையும் வெப்பநிலை மின்தடை இழப்புகளுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். அதாவது இறுதி வெப்ப நிலை மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். நிலையான மின்னழுத்தத்தில் மின்திறன் $P \propto I$. ஆகவே இறுதி வெப்ப நிலை, மின்திறனின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

θ_f என்பது இடையருத சுமை (P) கொண்ட மோட்டாருக்கு அனுமதிக்கத்தக்க வெப்பநிலை உயர்வு.

θ_m என்பது குறைந்த நேர சுமைகளைத் (P_m) தொடர்ச்சியாக மோட்டார் தங்குவதால் ஏற்படும் பெரும வெப்பநிலை உயர்வு,

$$\therefore \frac{\theta_m}{\theta'} = \left(\frac{P_m}{P}\right)^2 \quad \ldots (1\text{-}60)$$

1-3-8. வெப்பநேர வளைகோடு (Heating time curve)

மின்திறன் இழப்பால் மோட்டாரில் வெப்பம் தோன்றுகிறது. அது உட்கவரும் வெப்ப அளவு வீதம் சுற்றுப்புறத்திற்கு இழக்கும் வெப்ப வீதம் ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தொகையே, அந்த மோட்டாரில் உற்பத்தியாகும் வெப்ப அளவு வீதத்திற்குச் சமம்.

W என்பது மின் திறன் இழப்பு (வாட்கள்).

G என்பது மோட்டாரின் (எடை கிலோ கிராம்).

S என்பது வெப்பஎண் (வாட்-விநாடி/கி. கிராம்/°செ.)

θ_1 என்பது தொடக்க வெப்பநிலை உயர்வு அல்லது சூழ் வெப்பநிலை (டிகிரி சென்டிகிரேடு) θ என்பது தொடக்க வெப்பநிலை உயர்வு அல்லது வெப்பநிலையைவிட (ambient temperature) t விநாடிகள் நேரத்தில் அடைந்த வெப்ப நிலை உயர்வு (டிகிரி சென்டிகிரேடு).

θ_f என்பது தொடர் மின் சுமையினுல் (continuous load) அமையும் இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு (டிகிரி சென்டிகிரேடு).

A என்பது வெப்பம் வெளியேறும் பாகத்தின் பரப்பு (சதுர மீட்டர்கள்).

λ என்பது வெப்பச்சிதறல் வீதம் (வாட்கள்/ச.மீ./°செ.உயர்வு)

மின் திறன் இழப்பால், 'dt' நேர அளவில், மோட்டாரின் வெப்பநிலை $d\theta$ அளவு உயர்ந்தால், அந்த இடைவெளி நேரத்தில் ஏற்படும் மின்னாற்றலின் இழப்பு

$$= wdt. \text{ வாட் விநாடி ஆகும்.} \quad \dots (1\text{-}61)$$

அதே இடைவெளி நேரத்தில் குளிர் பாகத்தின் மேற்பரப்பில் ஏற்படும் வெப்பச்சிதறல் $= A\lambda\theta.\ dt.$ ... (1-62)

அதே இடைவெளி நேரத்தில் மோட்டார் உட்கவரப்படும் வெப்ப அளவு $= G.\ S.\ d\theta.$

ஆனுல் வெப்ப உற்பத்தி = உட்கவரப்படும் வெப்பம் + வெப்பச்சிதறல்.

$$\therefore \quad wdt = G.\ S.\ d\theta + A\lambda\theta.\ dt. \quad \dots (1\text{-}63)$$

$$wdt - A\lambda\theta\ dt = G.\ S.\ d\theta.$$

$$(w - A\ \lambda\ \theta)\ dt = G.\ S.\ d\theta.$$

$$\left(\frac{w}{A\lambda} - \theta\right) dt = \frac{G.\ S.}{A\ \lambda}\ d\theta$$

$$\frac{dt}{\frac{G.\ S.}{A\ \lambda}} = \frac{d\theta}{\left(\frac{w}{A\ \lambda} - \theta\right)} \quad \dots (1\text{-}64)$$

இறுதி வெப்பநிலை அடைந்த பிறகு, மோட்டாரால் உட்கவரப்படும் வெப்ப அளவு ஒன்றுமில்லையாதலால், இறுதி வெப்ப நிலையில், உற்பத்தியாகும் வெப்பம் வெப்பச்சிதறலுக்குச் சமமாகும்.

எனவே, $Wdt = A \lambda \theta_f dt.$ ... (1-65)

$$\theta_f = \frac{w}{A\lambda}$$

$\frac{w}{A\lambda}$ -ன் மதிப்பைச் சமன்பாடு (1-64)-ல் இடும்பொழுது

$$\frac{dt}{\frac{G\ S.}{A\lambda}} = \frac{d\theta}{(\theta_f - \theta)} \text{ ஆகும்.}$$

தொகுப்பின் (Integrating),

$$\frac{A\lambda}{G.\ S.}\ t = -\ log_e\ (\theta_f - \theta) + K \ldots \quad (1\text{-}66)$$

இதில் K என்பது தொகுப்பின் மாறிலி. இதன் மதிப்பைத் தொடக்க நிலைகளில் உள்ள விவரங்களைக் கொண்டு கண்டறியலாம்.

$t = 0$ ஆக இருக்கும்பொழுது $\theta = \theta_1$ ஆகும். இதில் θ_1 என்பது தொடக்க வெப்பநிலை உயர்வு (initial temperature rise). இந்த நிபந்தனையை ϕ சமன்பாடு (1-66)-ல் பிரதியீடு செய்யும் பொழுது,

$$\theta = -\ log_e\ (\theta_f - \theta_1) + K_1$$

$$\therefore K_1 = log_e\ (\theta_f - \theta_1)$$

$$\therefore \frac{A\lambda}{G S}\ t = -\ log_e\ (\theta_f - \theta) + log_e\ (\theta_f - \theta_1)$$

$$\theta = log_e \left(\frac{\theta_f - \theta_1}{\theta_f - \theta}\right) \quad \ldots \quad (1\text{-}67)$$

$$e^{\frac{A\lambda}{G S} t}$$

$$e = \frac{\theta_f - \theta_1}{\theta_f - \theta}$$

$$\theta_f - \theta = (\theta_f - \theta_1)\ e^{-\frac{A\lambda}{G S} t} \quad \ldots \quad (1\text{-}68)$$

$\frac{G\,S}{A\,\lambda}$ என்பது மோட்டாரின் வெப்பநேர மாறிலி.

இதனை τ என்று குறிப்பிடுவர்.

$$\therefore \quad \theta_f - \theta = (\theta_f - \theta_1)\, e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$\theta = \theta_f - (\theta_f - \theta_1)\, e^{\frac{-t}{\tau}} \qquad \ldots \text{(1-69)}$$

சுற்றுப்புற வெப்பநிலையாகிய θ_1 – லிருந்து மோட்டாரைத் துவக்குவதாக வைத்துக்கொண்டால், θ_1-ன் மதிப்பு சுழியாகும்.

$$\therefore \quad \theta = \theta_f - \theta_f\, e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$= \theta_f \left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right) \qquad \ldots \text{(1-70)}$$

(சமன்பாடு) 1-70-ல் t-ன் மதிப்பு 'τ' ஆனால்

$$\theta = \theta_f\, (1 - e)^{-1}$$

$$= \theta_f \left(1 - \frac{1}{e}\right)$$

$$\theta = 0{\cdot}632\ \theta_f \qquad \ldots \text{(1-71)}$$

சமன்பாடு 1-71 – லிருந்து ஒரு மோட்டாரின் வெப்ப நேர மாறிலியை வரையறுக்கலாம்.

ஒரு மோட்டாரின் இறுதி வெப்பநிலை உயர்வின் மதிப்பில் 632 சதவீதம் வெப்ப வளர்ச்சியடைய எடுத்துக் கொள்ளும் நேரமே, அந்த மோட்டாரின் வெப்ப நேர மாறிலி ஆகும்.

1–3–9. குளிர்வு நேர வளைகோடு (Cooling time curve)

வெப்ப உற்பத்தி, வெப்பச் சிதறலைவிடக் குறைவாக இருந்தால், அதாவது குறிப்பிட்ட சிறு இடைவேளை நேரத்தில் மொத்த வெப்ப உற்பத்தியும், மோட்டார் வெளிவிடும் வெப்பமும் சேர்ந்து வெப்பச் சிதறலுக்குச் சமம்.

$$\therefore \quad W dt + G.\ S.\ d\theta = A\,\lambda'\,\theta.\ dt. \qquad \ldots \text{(1-72)}$$

இதில் λ' என்பது மோட்டார் குளிர்ச்சியடையும் பொழுது உண் டாகும் வெப்பச் சிதறல் வீதம்.

அலகு — வாட்கள் /ச. மீ/°C தாழ்வு.

$$\frac{GS}{A\lambda'}\,d\theta = \left(\theta - \frac{W}{A'\lambda}\right)\ dt \qquad \ldots (1\text{-}73)$$

θ_f' என்பது இறுதி வெப்பநிலை இறக்கம் (temperature drop). ஆனால், இந்த வெப்ப நிலையில் உற்பத்தியாகும் வெப்பம், வெப்ப இழப்புக்குச் சமம்.

$$\therefore\ Wdt = A\lambda'\theta_f'\,dt$$

$\therefore\ \theta_f' = \dfrac{W}{A\lambda'}$ இதனைச்சமன்பாடு (1-73)-ல் ஈடு செய்தால் (1-74)

$$\therefore\ \frac{G_s}{A\lambda'}\,d\theta = (\theta - \theta_f')\,dt$$

$$\frac{d\theta}{(\theta - \theta_f')} = \frac{A\lambda'}{G_s}, dt.$$

தொகுப்பின், $\displaystyle\int \frac{d\theta}{\theta - \theta_f'} = \int \frac{A\lambda'}{GS}\,dt$

$$\log_e(\theta - \theta_f') = -\frac{A\lambda'}{GS}\cdot t_f + C_1 \qquad \ldots (1\text{-}75)$$

இதில் C_1 என்பது தொகுப்பு மாறிலி.

$t = 0$ ஆக இருக்கும் பொழுது $\theta = \theta_1'$ ஆகும்.

இதில் θ_1' என்பது மோட்டார் குளிர்ச்சியடையத் தொடங்கும் பொழுதுள்ள வெப்பநிலை உயர்வு. இந்த வெப்பநிலை உயர்வில் இருந்துதான் குளிர்ச்சியடையத் தொடங்குகிறது.

$$\therefore\ C = \log_e(\theta_1 - \theta_f')$$

$$\therefore\ \log_e\left(\frac{\theta - \theta_f'}{\theta_1' - \theta_f'}\right) = -\frac{A\lambda'}{GS}\ t.$$

$$\frac{\theta - \theta_f'}{\theta_1' - \theta_f} = e^{-\frac{A\lambda'}{GS}\cdot t}.$$

$$\frac{G_s}{A\lambda'} = \tau' \text{ ஆனால்}$$

$$\theta - \theta_f' = (\theta_1' - \theta_f')\, e^{-\frac{t}{\tau'}}$$

$$\therefore \quad = \theta_f + (\theta_1' - \theta'_f)\, e^{-\frac{t}{\tau'}} \qquad \ldots \quad (1\text{-}76)$$

மோட்டார் குளிர்ச்சியடையும் கால அளவில் அதனை நிறுத்தி விட்டால் வெப்பச் சிதறல் இருக்காது. எனவே, குளிர்வடையும் கால அளவில் இறுதி வெப்ப நிலையின் அளவு, சூழ் வெப்ப நிலையின் மதிப்புக்குச் சமம்.

$$\therefore \quad \theta_f' = 0.$$

$$\theta = \theta_f' + (\theta_1' - \theta_f')\, e^{-\frac{t}{\tau'}}$$

$$= 0 + (\theta_1' - 0)\, e^{-\frac{t}{\tau'}}$$

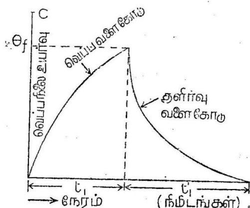
$$\theta = \theta_1'\, e^{-\frac{t}{\tau'}}$$

$$t = \tau' \text{ ஆனால்}$$

$$\theta = \theta_1'\, e^{-}$$

$$= \frac{\theta_1'}{e}$$

$$\theta = 0{\cdot}368\, \theta_1'. \qquad \ldots \quad (1\text{-}77)$$



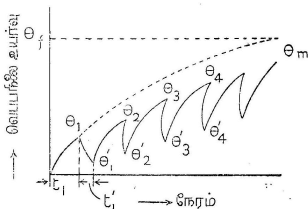
படம் 1-48.
வெப்ப வளைகோடும், குளிர்வு வளைவுகோடும்

ஒரு மோட்டாரின், சூழ்வெப்ப நிலைக்கு மேல் உள்ள தொடக்க வெப்பநிலை உயர் மதிப்பில் 36·8 சதவீதம் குளிர்ச்சியடைய எடுத்துக் கொள்ளும் நேரமே, குளிர்வு நேர மாறிலி ஆகும்.

வெப்ப வளைகோடும் குளிர்வு வளைகோடும் எக்ஸ்போனென்சியலே (exponential) ஆகும்.

1-3-10. இடைவிட்டு நிகழ்கிற மின் சுமைகளினால் (Intermittent load) ஏற்படும் பெரும வெப்பநிலை

θ_1, θ_2, θ_3 ... என்பவை முறையே வெப்பமாக்கப்பட்டதற்குப் பிறகு ஏற்பட்ட வெப்ப நிலைகளாகக் கொள்வோம். அதேபோல் θ_1', θ_2', θ_3' ... என்பவை முறையே குளிர்வடைந்த பிறகு உண்டான வெப்ப நிலைகளாக்க் கொள்வோம்.



படம் 1-49.
பெரும வெப்பநிலை-நேரம் வரை படம்

$$\because \quad \theta_1 = \theta_f \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}\right)$$

$$x = -\frac{t_1}{T} \text{ ஆனால்}$$

$$\theta_1 = \theta_f (1 - e^x)$$

$$\theta_1' = \theta_1 \, e^{-\frac{t_1}{T'}}$$

$$y = -\frac{t'_1}{T'} \text{ ஆனால்}$$

$$\theta_1' = \theta_1 \, e^y$$

$$= [\theta_f (1 - e^x)] \, e^y.$$

$$\theta_2 = \theta_f - (\theta_f - \theta_1') \, e^x. \qquad \dots \quad (1\text{-}78)$$

$$= (1 - e^{x})\ \theta_f + \theta_1{}^1\ e^{x}.$$

$$= (1 - e^{x})\ \theta_1 + \theta_f\ (1 - e^{x})\ e^{y}\ e^{x}$$

$$= \theta_f\ (1 + e^{x})\ (1 + e^{x}\ e^{y})$$

$$\theta_2{}^1 = \theta_2\ e^{y}$$

$$= \theta_f\ e^{y}\ (1 - e^{X})\ (1 + e^{X}\ e^{y})$$

$$\theta_3 = \theta_f\ (1 - e^{X}) + \theta_2'\ e^{X}$$

$$= \theta_f\ (1 - e^{X}) + \theta_f\ e^{X}\ e_y\ (1 - e^{X})\ (1 + e^{X}\ e^{y})$$

$$= \theta_f\ (1 - e^{X})\ \left\{1 + e^{x}\ e^{y} + e^{2X}\ e^{2y}\right\} \quad \ldots \quad (1\text{-}79)$$

இங்ஙனம் இடைவிட்டு நிகழ்கிற அளவு n மடங்கு ஆனால்

$$\theta n = \theta_f\ (1 - e^{x})\ \left\{1 + e^{X}\ e^{y} + e^{2X}\ e^{y} + \ldots e - {}_{e}{}^{(n-1)X}{}^{(x-1)y}\right\}$$

$$= \theta_f\ (1 - e^{x})\ \left\{\frac{1 + e^{xx}\ e^{xy}}{1 - e^{x}\ e^{y}}\right\} \quad \ldots \quad (1\text{-}80)$$

$n = \infty$ ஆனால், e^{nx}யும், e^{ny}யும் மதிப்பு சுழி (zero) ஆகும். ஏனெனில் x, y இவற்றின் மதிப்பு எதிர்க்குறியாகும். இடைவிட்ட மின் சுமையோடு, θm என்பது பெரும வெப்பநிலை உயர்வு ஆனால்.

$$\theta_m = \theta_f\ \left(\frac{1 - e^{x}}{1\ e^{x}\ e^{y}}\right)$$

$$= \theta_f\ \left[\frac{1 - e^{x}}{1 - e^{(x+y)}}\right]$$

$$= \frac{\theta_f\ (1 - e^{-\frac{t_1}{T}})}{1 - e^{-\left(\frac{t_1}{T} + \frac{t_1}{T_1}\right)}}$$

$$\therefore\ \theta m = \frac{\theta_f\ (1 - c^{-\frac{t_1}{T}})}{1 - e^{-\left(\frac{t_1}{T} + \frac{t_1{}^1}{T_1}\right)}}$$

செங்குத்து உயரம் அதிகமானல், குளிர்வு காற்றின் அடர்த்தியும் குறைகிறது. இதனுல் குளிர்ச்சியடையும் திறன் குறைகிறது. இது குறித்தே, உயரமான பகுதிகளில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் மோட்டார்கள் அவற்றின் முழு திட்டவரை அளவுக்குச் சுமை கொடுக்காமல், சிறிதளவு குறைந்த மின்திறனில் பயன்படுத்தப் படும். கீழ்க்கண்ட அட்டவணையில், உயரத்திற்கேற்ப பயன்படுத்த வேண்டிய திட்டவரை அளவு குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

கடல் மட்டத்துக்கு மேல் உள்ள செங்குத்து உயரம்	தோராயமாக அனுமதிக்கத் தக்க திறன் வெளிப்பாடு
(1) 2000 மீட்டர்கள்	95% திட்டவரை அளவு
(2) 3000 மீட்டர்கள்	87% திட்டவரை அளவு
(3) 4000 மீட்டர்கள்	78% திட்டவரை அளவு

எடுத்துக்காட்டு 1-24.

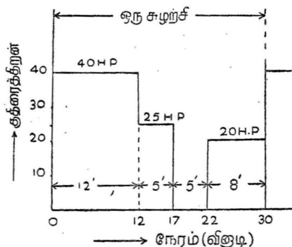
சுரங்கத்திலுள்ள சில இழுவைக் கருவிகளை (haulagc equipment) இயங்க வைக்கும் ஒரு மோட்டார், கீழ்க்கண்ட பணி-சுழற்சியினை (duty-cycle) செயல்படுத்த வேண்டும்.

40 குதிரைத்திறன்	12 நிமிடங்கள்
25 குதிரைத்திறன்	5 நிமிடங்கள்
சுமையில்லாமல்	5 நிமிடங்கள்
20 குதிரைத்திறன்	8 நிமிடங்கள்

மேற்குறித்த பணி-சுழற்சி ஓர் அலுவலங்களில் 8 மணி கால அளவில் வரம்பிலா அளவுக்குத் திரும்பத்திரும்ப நிகழ்கிறதென்ருல், இந்த அமைப்புக்கு தகுந்த மோட்டாரின் தொடர் திட்டவரை மின்திறனை மதிப்பிடுக.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. மார்ச்சு 1965)

தீர்வு :



படம் 1-50.
பணி சுழற்சி வரை படம்

மோட்டாரில் ஏற்படும் வெப்பம், சுமை குதிரைத்திறனுக்கு இருமடி நேர் விகிதத்திலிருப்பதால், மோட்டாரின் தொடர்-திட்ட வரை மின் திறன்

$$\sqrt{\frac{\Sigma.\ ((H.P.)^2 \times \text{நேரம்}}{\text{ஒரு சுழற்சிக்கான நேரம்}}}$$

$$= \sqrt{\frac{P_1^2t_1 + P_2^2t_2 + P_3^2t_3 + P_4^2t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$$

$$= \sqrt{\frac{40^2 \times 12 + 25^2 \times 5 + 0^2 \times 5 + 20^2 \times 8}{12 + 5 + 5 + 8}}$$

$$= 29{\cdot}2\ H.\ P.$$

இந்த மதிப்புக்கு அருகில் உள்ள அளவில் கிடைக்கக்கூடிய மோட்டாரின் தொடர்-திட்டவரை திறன் = 30 $H.\ P.$

எடுத்துக்காட்டு 1-25.

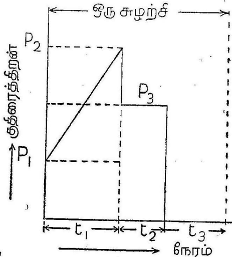
ஒரு மோட்டார் கீழ்க்கண்ட பணி-சுழற்சியினைப் பெற்றுள்ளது.

சுமை 100 குதிரைத்திறனிலிருந்து 300 குதிரைத்திறன் வரை நேர்கோட்டில் உயர்ந்து செல்லும் கால அளவு 6 நிமிடம். சுமை 200 குதிரைத்திறன் மாறு நிலையிலிருக்கும் நேரம் 4 நிமிடம். சுமையில்லாத கால அளவு 5 நிமிடம். இந்த சுழற்சி வரம்பிலா

அளவிற்குத் திரும்பத் திரும்ப நிகழ்வதாகக் கொண்டால், இப் பணிக்குகந்த மோட்டாரின் திறன் அளவினை மதிப்பிடுக.

தீர்வு:

சுமை முதல் t_1 நிமிடங்களில் P_1 குதிரைத் திறனிலிருந்து P_2 குதிரைத் திறன் வரை நேர்கோட்டில் உயர்ந்து செல்கிறது. இதனை P_1 குதிரைத் திறனில் சுமை நிலையாக இருந்ததாகவும், அதே t_1 நிமிடங்களில் சுமை சுழிமதிப்பிலிருந்து $(P_1 - P_2)$ குதிரைத் திறனுக்கு உயர்ந்து செல்வதாகவும் இருபிரிவுகளாகக் கொள்ளலாம். நேர்கோட்டின் சமன்பாடு $y = mx$, இதில் y என்பது குதிரைத் திறன் $(P_2 - P_1)$. x என்பது நேரம் (t_1); m என்பது சரிவு $\left(m = \frac{P_2 - P_1}{t}\right)$.



படம் 1.51-
மோட்டாரின் திறன் வரைபடம்.

ஒரு சுழற்சிக்கான (குதிரைத்திறன்)^2 × நேரம்

$$= P_1^2 t_1 + \int_0^{t_1} y^2\, dx + P_3^2 t_2 + P_4^2 t_3$$

$$= P_1^2 t_1 + (P_2 - P_1)^2 \frac{t_1}{3} + P_3^2 t_2 + P_4^2 t_3$$

$$= 100^2 \times 6 + 200^2 \times \frac{6}{3} + 200^9 \times 4 + 0^2 \times 5$$

$$= 60{,}000 + 80{,}000 + 160{,}000$$

$$= 300{,}000$$

மொத்த நேரம் $T = t_1 + t_2 + t_3$

$= 6 + 4 + 5 = 15$ நிமிடங்கள்.

மோட்டாரின் திட்டவரை திறன்

$$= \sqrt{\frac{300,000}{15}} = \sqrt{20,000}$$

$$= 141 \cdot 4 \text{ குதிரைத்திறன்}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-26.

நிலக்கரிச் சுரங்கத்தில் சுழல் ஏற்ற மின் பொறியினை (colliery winder) இயக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார் கீழ்க் கண்ட சுமை-சுழற்சியினைப் பெற்றுள்ளது.

முடுக்க கால அளவு 0-30 வினாடிகள்	சுமை சுழிமதிப்பிலிருந்து 900 குதிரைத்திறன் வரை ஒரே சீராக உயர்கிறது.
முழுவேக காலஅளவு 30-80 வினாடிகள்	சுமை 300 குதிரைத்திற னில் மாறா நிலையிலுள்ளது.
வேகந் தணியும் கால அளவு 80-95 வினாடிகள்	மீள் - ஆக்க நிறுத்தியைக் கொண்டு மின்தருவிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் சுமையினை 200 குதிரைத் திறனிலிருந்து சுழிமதிப் புக்குக் குறைத்தல்.
சுமையில்லாத கால அளவு 95-125 வினாடிகள்	மோட்டார் நிலையாக நிற்கிறது.

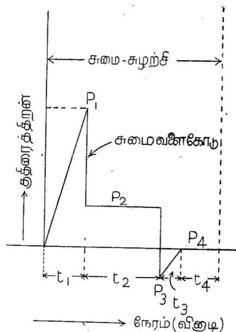
மேற்குறிப்பிட்ட சுழற்சி வரம்பிலா அளவுக்குத் திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கிறது என்றால், இப்பணிக்குகந்த மோட்டாரின் குதிரைத்திறன் அளவினைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு :

(மோட்டாரின் தொடர்-திட்ட வரைத்திறன்)^2 × நேரம்

$$= \int_0^{t_1} y_1^2 \, dx + P_2^2 \, t_2 + \int_0^{t_3} y_3^2 \, dx + P_4^2 \, t_4$$

இதில் $y_1 = m_1 n; \; m_1 = \frac{P_1}{t_1}$



படம் 1-52.

மோட்டாரின் தொடர் திட்டவரை திறன்

$$\int_0^{t_1} y_1^2 \, dn = m_1^2 \left[\frac{x^3}{t_1}\right]$$

$$= \left(\frac{P_1}{t_1}\right)^2 \times \frac{t_1^3}{3}$$

$$= P_1^2 \times \frac{t_1}{3}$$

அதேபோல் $\int_0^{t_3} y_2^2 \, dn = P_3^2 \times \frac{t_3}{3}$

மோட்டாரின் தொடர்-திட்டவரைத் திறன்

$$= \sqrt{\frac{P_1 \frac{t_1}{3} + P_2^2 t_2 + P_3^2 \frac{t^3}{3} + P_4^2 t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$$

$$= \sqrt{\frac{900^2 \times \frac{30}{3} + 300^2 \times 50 + 200^2 \times \frac{15}{3} + 0^2 \times 03}{30 + 50 + 15 + 30}}$$

$$= \sqrt{\frac{100^2 (9^2 \times 10 + 3^2 \times 50 + 3^2 \times 5)}{125}}$$

$$= 100 \times \sqrt{\frac{1280}{125}}$$

$= 100 \times 3 \cdot 2 = 320$ குதிரைத்திறன்

[குறிப்பு : மீள் ஆக்க நிறுத்தியின்போது, குதிரைத்திறன் மின்தருவியிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்பட்ட போதிலும், மோட்டாரில் மின்னோட்டம் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும். ஆகவே, வெப்பத்தைப் பொறுத்தவரையில் மோட்டார் மின்தருவியிலிருந்து மின்னோட்டத்தைப் பெற்றதா அல்லது மின்தருவியிக்குத் திருப்பி அனுப்பப் பட்டதா என்பதைப் பற்றி அவ்வளவு முக்கியமல்ல.]

எடுத்துக்காட்டு 1-27.

முழுவதும் மூடப்பட்டுள்ள 10 குதிரைத்திறன் கொண்ட ஒரு மோட்டாரின் வெளிப்புற பரப்பு 60 செ. மீ. விட்டமும் 100 செ. மீ. நீளமும் கொண்ட ஓர் உருளைக்கு இணையானது. மோட்டாரின் எடை 300 கிலோகிராம். செய்யப்பட்ட உலோகத்தின் வெப்ப எண் 700 ஜூல்/கிலோகிராம்/°சென்டிகிரேடு. வெளிப்புறப் பரப்பின் வெப்பச் சிதறல் வீதம் 12·5 வாட்கள்/சதுர மீட்டர்/°சென்டிகிரேடு. மோட்டார் முழுச்சுமையுடன் இயங்கும் பொழுது, அது அடையும் இறுதி வெப்பநிலை உயர்வினையும், வெப்ப நேர மாறிலியையும் கண்டு பிடிக்கவும். மோட்டாரின் பயனுறுதிறன் 85% எனக் கொள்க.

தீர்வு :

மோட்டாரின் உள்ளீட்டுத் திறன் $= \frac{10 \times 735 \cdot 5}{0 \cdot 85} = 8630$ வாட்கள்

மோட்டாரின் திறன் வெளிப்பாடு $= 10 \times 735 \cdot 5 = 7355$ வாட்கள்

$\therefore$ மின்திறன் இழப்பு $w = 8630 - 7355 = 1275$ வாட்கள்

வெப்பச் சிதறல் ஏற்படும் மோட்டாரின் மேற்பரப்பின் பரப்பு

$$A = \pi \times d\,l = \pi \times 0 \cdot 6 \times 1 \cdot 0 = 1 \cdot 884 \text{ ச. மீ.}$$

வெப்பச் சிதறல் வீதம் $\lambda = 12 \cdot 5$ வாட்கள்/சதுர மீட்டர்/°சென்டி கிரேடு.

$$\therefore \text{ இறுதி வெப்ப நிலை உயர்வு } \theta_f = \frac{W}{A\lambda} = \frac{1275}{1 \cdot 884 \times 12 \cdot 5}$$

$$= 54 \cdot 14°C$$

மோட்டாரின் எடை $G = 300$ கிலோகிராம்

வெப்ப எண் $S = 700$ ஜூல்கள்/கிலோகிராம்/°சென்டிகிரேடு

$$\therefore \text{ வெப்ப நேர மாறலி } T = \frac{G\,S}{A\,\lambda} = \frac{300 \times 700}{1 \cdot 884 \times 12 \cdot 5} = 8917 \text{ விநாடி}$$

அல்லது $2 \cdot 477$ மணிகள்.

எடுத்துக்காட்டு 1-28.

50 குதிரைத்திறன் கொண்ட ஒரு மோட்டாரின் வெப்ப நேர மாறிலி 40 நிமிடங்கள். அதன் குளிர்வு நேர மாறிலி 1 மணி 15 நிமிடங்கள். மோட்டார் அடையும் இறுதி வெப்ப நிலை 60° சென்டிகிரேடு. மோட்டார் 30 நிமிடங்களில் முழுச்சுமையிலும், 15 நிமிடங்கள் சுமையில்லாமலும் ஓடினால், மோட்டாரின் வெப்ப நிலையினைக் கண்டுபிடி. இச் சுழற்சி வரம்பிலா அளவிற்கு மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்வதாகக் கொள்க.

மேற் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வரம்பு மிகையாகாமல் இருந்தால், மோட்டாரின் 20 நிமிடத் திட்டவரைத்திறனைக் கண்டு பிடிக்கவும். திறன் இழப்புகள், சுமையின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருப்பதாகக் கொள்ளவும்.

தீர்வு :

$$\theta_m = \theta_f \frac{1 - e^{-\frac{t_1}{T_1}}}{1 - e^{-\left(\frac{t_1}{T_1} + \frac{t_2}{T_2}\right)}}$$

இதில் θ_f என்பது மோட்டார் அடையும் இறுதி வெப்பநிலை $= 60°C$

t_1 என்பது மோட்டார் முழுச்சுமையில் ஓடிய நேரம் $= 32'$

t_2 என்பது மோட்டார் சுமையில்லாமல் ஓடிய நேரம் $= 15'$

T_1 என்பது மோட்டாரின் வெப்ப நேர மாறிலி $= 40'$

T_2 என்பது மோட்டாரின் குளிர்வு நேர மாறிலி $= 75'$

$$\theta_m = 60 \times \frac{1 - e^{-\frac{32}{40}}}{1 - e^{-\left(\frac{32}{40} + \frac{15}{75}\right)}}$$

$$= 60 \times \frac{1 - e^{-0\cdot8}}{1 - e^{-1\cdot0}}$$

$$= 60 \times \frac{1 - \cdot4493}{1 - \cdot3679}$$

$$= 60 \times \frac{\cdot5507}{\cdot6321} = 52\cdot28°C.$$

மோட்டாரின் 20 நிமிடங்களுக்கான குறுகியகால திட்டவரைத் திறனைக் கணக்கிட, 50°C வெப்பநிலை உயர்வுக்கான இறுதி வெப்ப நிலையைக் கணக்கிட வேண்டும்.

$$\therefore \quad \theta_f = \theta_{f_1} (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$50 = \theta_{f_1} (1 - e^{-\frac{20}{40}})$$

$$= \theta_{f_1} (1 - e^{-0\cdot5}) = \theta_{f_1} (1 - \cdot6065)$$

$$= 0\ 3935\ \theta_{f_1}$$

$$\theta_f = \frac{50}{0\cdot3935} = 127\cdot1°C$$

மோட்டாரின் தொடர் திட்டவரைத்திறன் P என்றும், அதன் குறுகியகால திட்டவரைத்திறன் P_1 என்றும் கொண்டால், θ_f

என்பது தொடர் திட்டவரைத்திறனின்போது மோட்டார் அடையும் இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு. அதேபோல் θ_{f_1} என்பது குறுகிய கால திட்டவரையின்போது மோட்டார் அடையும் இறுதி வெப்ப நிலை உயர்வு ஆகும்.

$$\therefore \frac{\theta_{f_1}}{\theta_f}\left(\frac{\text{சுமை } P_1 \text{ உள்ள பொழுது இருக்கும் மின்திறன் இழப்பு}}{\text{சுமை } P \text{ உள்ள பொழுது இருக்கும் மின்திறன் இழப்பு}}\right)$$

$$\frac{127 \cdot 1}{50} = \frac{P_1^2}{50^2}$$

$$\therefore P_1^2 = 50^2 \times \frac{127 \cdot 1}{50} = 100 \times 63 \cdot 55$$

$$\therefore P_1 = 10 \times 7 \cdot 972$$

$$= 79 \cdot 72 \text{ குதிரைத்திறன்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-29.

5 குதிரைத்திறன் கொண்ட ஒரு மோட்டாரில், அதன் முழுச் சுமையின்பொழுது 1 மணி, 2 மணி கால அளவுகளில் ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு முறையே 30° சென்டிகிரேடு, 45° சென்டிகிரேடு என்றால் (அ) முழுச்சுமையின் போதுள்ள இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு (ஆ) மோட்டாரின் வெப்பநேர மாறிலி (இ) மோட்டாரின் 45 நிமிட திட்டவரை-திறன் ஆகியவற்றினைக் கணக்கிடுக. மோட்டாரில் ஏற்படும் இரும்பு இழப்புகள் அதன் முழுச்சுமையின் பொழுது ஏற்படும் தாமிர இழப்புகளில் 75 சத வீதம் எனக் கொள்க.

தீர்வு :

$$\theta_1 = \theta_f \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}\right)$$

$$\theta_2 = \theta_f \left(1 - e^{-\frac{t_2}{T}}\right)$$

$$\therefore \frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{\left(1 - e^{-\frac{t_2}{T}}\right)}{\left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}\right)}$$

$$\frac{45}{30} = \frac{(1 - e^{-\frac{2}{T}})}{(1 - e^{-\frac{1}{T}})}$$

$e^{-\frac{1}{T}}$ - ன் மதிப்பு x எனக் கொண்டால்

$$\frac{45}{30} = \frac{1 - x^2}{1 - x} = 1 + x$$

$$\therefore 1 + x = 1{\cdot}5$$
$$x = 0{\cdot}5$$

$$e^{-\frac{1}{T}} = 0{\cdot}5 = \frac{1}{2} \text{ அல்லது } e^{\frac{1}{T}} = 2$$

$$\frac{1}{T} = \log_e 2 = 2{\cdot}303 \log 10^2 = 2{\cdot}303 \times 0{\cdot}301$$

$\therefore$ $T = 1{\cdot}442$ மணிகள்.

$$\theta_f (1 - e^{-\frac{1}{T}}) = 30$$

$$\theta_f (1 - e^{-\frac{1}{1{\cdot}442}}) = 30$$

$$\theta_f (1 - 0{\cdot}5) = 30$$

$$\therefore \theta_f = 60°C.$$

முக்கால் மணி நேரத்திற்குப் பிறகு மோட்டாரில் ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு 60°C ஆக இருந்தால், இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு

$$\theta_f = \theta_{f_1} (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$60 = \theta_{f_1} (1 - e^{-\frac{0{\cdot}75}{1{\cdot}442}})$$

$$= {}_f\theta_1 (1 - 0{\cdot}5943)$$

$$= \theta_{f_1} \times 0{\cdot}4057)$$

$$\theta_{1f} = \frac{60}{0{\cdot}4057} = 131{\cdot}8°C.$$

P என்னும் முழுச்சுமை அளவில் தாமிர இழப்புகள் "a" எனக் கொண்டால், இரும்பு இழ புகள் $0 \cdot 75a$. ஆகவே, P என்னும் முழுச்சுமை அளவில் ஏற்படும் மொத்த இழப்புகள் $= a\,(1 + 0 \cdot 75) = 1 \cdot 75a$. P_1 என்னும் குறுகியகால சுமையின் போது மோட்டாரில் ஏற்படும் தாமிர இழப்புகள் $= \left(\frac{P_1}{P}\right)^2 \times a$. இரும்பு இழப்புகள் மாறுநிலையில் இருக்குமாதலால் P_1 சுமையின்போது உள்ள இரும்பு இழப்பு $= 0 \cdot 75a$. ஆகவே, P_1 என்னும் குறுகியகாலச் சுமையின்போது ஏற்படும் மொத்த இழப்புகள் $= \left(\frac{P_1}{P}\right)^2 \times a + 0 \cdot 75\, a$.

$$\frac{\theta_{f1}}{\theta_f} = \frac{P_1 \text{ சுமையின் போதுள்ள மொத்த இழப்பு}}{P \text{ சுமையின் போதுள்ள மொத்த இழப்பு}}$$

$$\frac{a\left\{\left(\frac{P_1}{P}\right)^2 + 0 \cdot 75\right\}}{a \times 1 \cdot 75}$$

$$\frac{131 \cdot 8}{60} = \frac{\left(\frac{P_1}{P}\right)^2 + 0 \cdot 75}{1 \cdot 75}$$

$$\left(\frac{P_1}{P}\right)^2 = 1 \cdot 75 \times \frac{131 \cdot 8}{60} - 0 \cdot 75 = 3 \cdot 093$$

$$\frac{P_1}{P} = \sqrt{3 \cdot 093} \times 1 \cdot 759$$

$$P_1 = 1 \cdot 759 \times 5$$

$$= 8 \cdot 795 \text{ குதிரைத்திறன்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-30.

ஒரு மோட்டாரின் அரைமணி திட்டவரை அளவு 30 குதிரைத் திறன். மோட்டாரின் வெப்ப நேர மாறிலி 150 நிமிடங்கள். கீழ்க் கண்ட நிலைகளில் தேவைப்படும் மோட்டாரின் தொடர்-திட்ட வரை திறன் அளவுகளைக் கணக்கிடுக.

(அ) மோட்டாரின் பெரும பயனுறுதிறன், அதன் முழுச்சுமையில் 80 சதவீதத்தில் ஏற்படுகிறது.

(ஆ) மோட்டார் தொடர்ச்சியாக முழுச்சுமையில் ஓடும் பொழுது அடையும் இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு 50° சென்டி

கிரேடுக்கு மிகையாகாமலிருக்கவேண்டும். மோட்டாரில் ஏற்படும் மொத்த இழப்புகள் மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் இருப்பதாகவும் கொள்க.

தீர்வு :

(அ) மோட்டாரின் தொடர் - திட்டவரைத் திறன் P எனக் கொள்வோம். 0 80 P சுமையின்போது இரும்பு இழப்புகள் "a" எனக் கொண்டால், பெரும பயனுறு திறனில் தாமிர இழப்புகளும் அதே அளவுடையதாக இருக்கும்.

$0{\cdot}80\ P$ சுமையின்போது உள்ள தாமிர இழப்புகள் $= a$

$\therefore$ P சுமையின்போது உள்ள தாமிர இழப்புகள் $= \left(\frac{0{\cdot}8\ P}{P}\right)^2 a.$

ஆகவே P சுமையின்போது இருக்கும் மொத்த இழப்புகள்

$$= a + \frac{P^2}{0{\cdot}64\ P^2}\, a = a\left(1 + \frac{P^2}{0\ 64\ P^2}\right)$$

$$= a\left(1 + \frac{1}{0{\cdot}64}\right)$$

மோட்டாரின் குறுகிய காலத் திட்டவரைத் திறன் P_1 எனக் கொண்டால், அச் சுமையின்போது இருக்கும் இரும்பு இழப்புகள் a அளவினையுடையதாயிருக்கும். ஏனெனில், இரும்பு இழப்புகள் சுமையளவுகள் மாறினாலும், மாறுபடுவதில்லை. ஆனால், தாமிர இழப்புகள் மின்சுமையின் இரும்புக்கு நேர் விகிதத்தில் மாறுபடும். ஆகவே P_1 சுமையின் இருக்கும் தாமிர இழப்புகள்

$$\left(\frac{P_1}{0{\cdot}8\ P}\right)^2 \times a = \frac{P_1^{\ 2}}{0{\cdot}64\ P^2}\, a = \left(\frac{P_1}{P}\right)^2 \cdot \frac{a}{0{\cdot}64}$$

P_1 சுமையின்போது இருக்கும் மொத்த இழப்புகள்

$$= a + \left(\frac{P_1}{P}\right)^2 \times \frac{a}{0{\cdot}64} = a\ \left\{\left(\frac{P_1}{P}\right)^2 \times \frac{1}{0{\cdot}64} + \quad \right\}$$

தொடர் திட்டவரைத் திறனின்போது மோட்டார் அடையும் இறுதி வெப்பநிலை θ_f என்றால், குறுகிய கால நேர திட்டவரைத்

திறனின்போது மோட்டார் அடையும் இறுதி வெப்பம் θ_{f1} எனக் கொள்வோம்.

$$\theta_f = \theta_{f1}\left(1 - e^{\frac{-t}{T}}\right)$$

$$\frac{\theta_f}{\theta_f} = \left(1\ e^{\frac{-t}{T}}\right) .$$

$$= \left(\frac{P \text{ சுமையின்போது இருக்கும் மொத்த இழப்பு}}{P_1 \text{ சுமையின்போது இருக்கும் மொத்த இழப்பு}}\right)$$

$$= 1 - e^{\frac{-30}{150}} = \frac{a\left(1 + \frac{1}{0 \cdot 64}\right)}{a\left(1 + \frac{P_1^2}{0 \cdot 64^2\ P^2}\right)}$$

$$= 1 - e^{-0 \cdot 2} = \frac{0 \cdot 64 + 1}{0 \cdot 64 + \left(\frac{P_1}{P_1}\right)};$$

$$= 1 - 0 \cdot 8187$$

$$= \frac{1 \cdot 64}{0 \cdot 64 + \left(\frac{P_1}{P}\right)^2}$$

$$\therefore \left(\frac{P_1}{P}\right)^2 = \frac{1 \cdot 64}{0 \cdot 1813} - 0 \cdot 64 = 8 \cdot 446$$

$$\frac{P_1}{P} = 2 \cdot 906$$

$$\therefore P = \frac{P_1}{2 \cdot 906} = \frac{30}{2 \cdot 906} = 1032 \text{ குதிரைத்திறன்}$$

(ஆ)

$$\frac{\theta_f}{\theta_{f1}} = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$$

$$= \left\{\frac{P \text{ சுமையின்போது இருக்கும் மொத்த இழப்பு}}{P_1 \text{ சுமையின்போது இருக்கும் மொத்த இழப்பு}}\right\}^2$$

$$= 1 - 0 \cdot 8187 = \left(\frac{P}{P_1}\right)^2$$

$$0{\cdot}1813 = \left(\frac{P}{30}\right)^2$$

$$P_1 = 30^2 \times 0{\cdot}1813 = 900 \times 0{\cdot}1813$$
$$= 16{\cdot}32$$

$$P = \sqrt{16{\cdot}32} = 4{\cdot}04 \text{ குதிரைத்திறன்.}$$

1-3-11 வேக நேரத் தொடர்பு

மோட்டாரினை இணைப்பியின் மூலம் மின்தருவியுடன் இணைக்கும்பொழுது சுமையினை விரும்பத்தக்க வேகத்திற்கு முடுக்கி விடுவதற்குச் சிறிது நேரமாகிறது. அதேபோல் ஓடிக்கொண்டிருக்கும் மோட்டாருடன் இணைந்துள்ள சுமையினை நிறுத்தியைக் கொண்டு முழுநிலை றுத்தத்திற்குக் (standstill) கொணரச் சிறிது நேரமாகும். பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளில் உள்ள துல்லியமான இயக்கத்திற்காகச் சுமையினை முடுக்கி விடுவதற்கும் அதனைத் தடுத்து நிறுத்துவதற்கும் ஆகும் நேரத்தினை அறிந்துகொள்வது அவசியமாகிறது. முடுக்க கால அளவிலும், நிறுத்தல் கால அளவிலும் உள்ள வேக-நேரத் தொடர்பினைக் கொண்டு இந்த நேரத்தினைக் கண்டு பிடிக்கலாம். வெவ்வேறு தொடர்புகளைக் கண்டறிவதற்கு முன், நேர்கோட்டு இயக்கம் கோண இயக்கம் ஆகியவற்றினைப் பற்றி நினைவு கூர்வது ஈண்டு அவசியமாகிறது.

(i) நேர்கோட்டு இயக்கம் (Linear Motion)

"a" என்பது முடுக்கம் (அலகு: மீட்டர்/வினாடி^{2})
"W" என்பது பொருளின் எடை (அலகு: கிலோ கிராம்)
"g" என்பது புவியீர்ப்பு முடுக்கம் (அலகு: மீட்டர்/வினாடி^{2})

இழுப்பு முயற்சி $Ft = \frac{W}{g} \cdot a$ கிலோகிராம் ... (1-83)

அல்லது $a = Ft \cdot g/W$ மீட்டர்/வினாடி^{2}.

ஆனால், முடுக்கம் $a = \frac{dv}{dt}$

$$dt = \frac{dv}{a}$$

தொகுப்பின்

$$t = \int \frac{dv}{a}$$

திசை வேகம் $V = \frac{ds}{dt}$

அல்லது $ds = V \cdot dt$.

$$\therefore \quad S = \int V\, dt. \text{ மீட்டர்கள்.}$$

(ii) கோண இயக்கம் (Angular Motion)

J என்பது சுழலும் பகுதிகளின் நிலைத் தடுப்புத் திறன் (அலகு க்லோ கிராம்—மீட்டர்^{2})

$\propto$ என்பது மோட்டாரின் கோண முடுக்கம். (அலகு ரேடியன்கள்/வினடி^{2})

மோட்டாரினுல் உண்டான திருக்கம்

$$T_m = \frac{J \cdot \propto}{g} \text{ கிலோ கிராம் — மீட்டர்.} \quad \dots \quad (1\text{-}84)$$

அல்லது $\propto = \frac{T_m \cdot g}{J}$

ω என்பது கோண திசை வேகம் என்றல்

$$\propto = \frac{dw}{dt} \text{ ரேடியன்கள்/வினடி}^2.$$

அல்லது $dt = \frac{d\omega}{\propto}$

$$\therefore \quad t = \int \frac{d\omega}{\propto} \text{ வினடி.}$$

கோண இயக்கம் $\omega = 2\pi . \frac{dn}{dt}$ இதில் "n" என்பது சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை.

அல்லது $dn = \frac{\omega\, dt}{2\pi}$

$$\therefore \quad n = \int \frac{\omega}{2\pi}\, dt. \quad \dots \quad (1\text{-}85)$$

மேற்கண்டவாறு தருவிக்கப்பட்ட முடிவுகளைக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணையில் நேர் கோட்டு இயக்கத்தினைக் கோண இயக்கத்தோடு ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்காக கொடுக்கப்படுகிறது.

வரிசை எண்	நேர் கோட்டு இயக்கம்	கோண இயக்கம்
(1)	நிறை $= \frac{W}{g}$ கிலோகிராம்	நிலைமத் தடுப்புத்திறன் J (கி. கி – மீ^{2}).
(2)	நேர் கோட்டு முடுக்கம் $a = Ft\ \frac{g}{W}$ மீ/வினாடி^{2}.	கோண முடுக்கம் $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ ரேடியன்கள்/வினாடி^{2}.
(3)	நேர் கோட்டு திசை வேகம் $v = \frac{ds}{dt}$ மீ/வினாடி.	கோண திசை வேகம் $\omega = 2\pi\ \frac{dn}{dt}$ ரேடியன்கள்/வினாடி.
(4)	நேர் கோட்டுத் தொலைவு தூரம் $S = \int V dt$ மீட்டர்கள்	கோண இயக்கம் $n = \int \frac{\omega}{2\pi} dt$ சுற்றுகள்
(5)	இழுப்பு முயற்சி $Ft = \frac{W}{g} \cdot a$ கிலோகிராம்	திருக்கம் $T_m = \frac{J}{g} \cdot \alpha$ கிலோகிராம் – மீட்டர்.

(அ) மோட்டாரினை முழுநிலை நிறுத்தத்திற்குக் கொணர எடுத்துக் கொள்ளும் நேரமும், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையும்

T_E என்பது மின் நிறுத்தி திருக்கம்.

T_F என்பது இயந்திரப் பொறி நிறுத்தி திருக்கம்.

$\therefore$ மொத்த நிறுத்தி – திருக்கம் $T_B = T_E + T_F$ ... (1-86)

கிளர்வு (excitation) மாறு நிலையில் இருந்தால், மின்நிறுத்தி—திருக்கம், வேகம் அல்லது கோணத் திசைவேகத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். அதாவது,

$T_E = K\omega$ இதில் ω என்பது கோணத் திசைவேகம். K என்பது ஒரு மாறிலி.

$$\therefore \quad T_B = T_F + K\omega \qquad \ldots \quad (1\text{-}87)$$

நேரத்தைக் கணக்கிடல் :

கோண ஒடுக்கம் $\beta = \dfrac{T_B \cdot g}{J}$ ரேடியன்கள்/விநாடி².

$$= \frac{g}{J}(T_F + K\omega)$$

வேகங் குறைப்பதற்கு எடுத்துக்கொண்ட நேரம்

$$t = \int \frac{d\omega}{-\beta}$$ (ஒடுக்கம் β என்பது எதிர் முடுக்கத்தைக் குறிப்பதால் இதில் எதிர்க்குறி பயன் படுத்தப்பட்டுள்ளது).

$$\therefore \quad t = \int \frac{J}{(T_F + K\omega)g} \cdot d\omega$$

$$= -\frac{J}{Kg}\log_e(T_F + K\omega) + C_1$$

இதில் C_1 என்பது தொகுப்பு மாறிலி.

$t = 0$ ஆனால் $\omega = \omega_1$ ஆகும் (ω_1 என்பது தொடக்கத்திலுள்ள வேகம்).

$$\therefore \quad C_1 = +\frac{J}{Kg}\log_e(T_F + K\omega_1)$$

$$\therefore \quad t = -\frac{J}{gK}\log_e(T_F + K\omega) + \frac{J}{gK}\log_e(T_F + Kw_1)$$

அல்லது $t = \dfrac{J}{gK}\log_e\dfrac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega}$ ... (1-88)

கோணத் திசைவேகம் 'ω' வினைச் சுழி மதிப்பாக்கினால், மோட்டாரினை முழுநிலை நிறுத்தத்திற்குக் கொணர எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தினைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

$$\therefore \quad t = \frac{J}{gK}\log_e\frac{T_F + K\omega_1}{T_F}. \qquad \ldots \quad (1\text{-}89)$$

சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடல் :

$$n = \frac{1}{2\pi}\int \omega dt \qquad \dots (1\text{-}90)$$

ஆனால் $t = \frac{J}{gK} log_e \frac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega}$

$$\log_e \frac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega} = \frac{gK}{J}\cdot t$$

$$\therefore \frac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega} = e^{-\frac{gK}{J}t}$$

$$\frac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega} = e^{-\frac{gK}{J}t}$$

$$\therefore T_F + K\omega = (T_F + K\omega_1)\, e^{-\frac{gK}{J}t}$$

$$\therefore \omega = \left[\frac{(T_F + K\omega_1)}{K} e^{-\frac{gK}{J}t} - \frac{T_F}{K}\right] \dots (1\text{-}91)$$

சமன்பாடு (1-91) ஐ சமன்பாடு (1-90)-ல் ஈடு செய்தால்

$$n = \frac{1}{2\pi}\int\left(\frac{T_F + K\omega_1}{K} {}^{-\frac{gK}{J}t} - \frac{T_F}{K}\right) dt$$

$$= \frac{1}{2\pi K}\left[\frac{(T_F + K\omega_1)}{- gK/J} e^{-\frac{gK}{J}t} - T_F\cdot t\right] + C_2$$

இதில் C_2 என்பது தொகுப்பு மாறிலி.

வேகம் ω_1 ஆக இருந்தால், $t = 0$; $n = 0$.

$$\therefore \quad 0 = \frac{1}{2\pi K}\left[(T_F + K\omega_1) \times (-J/gK)\right] + C_2$$

அல்லது $C_2 = \frac{1}{2\pi} \quad \frac{J}{gK^2}(T_F + K\omega_1)$

$$\therefore n - \frac{1}{2\pi K}\left[-\frac{J}{gK}(T_F + K\omega_1)\, e^{-\frac{gK}{J}t} - T_F.t\right]$$

$$+ \frac{1}{2\pi K}\left\{\frac{J}{gK}.(T_F + K\omega_1)\right\}$$

$$n = \frac{1}{2\pi K}\left[\frac{J}{gK}(T_F + K\omega_1)(1 - e^{-\frac{gK}{J}t} - T_{F'}t\right] \quad \ldots \quad (1\text{-}92)$$

எடுத்துக்காட்டு 1-31.

400 வோல்ட், 50 குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்) 500 சுற்றுகள்/நிமிடம் கொண்ட ஒரு நேர் மின்னோட்டக் கிளைபுல மோட்டார், முழுச் சுமையின்பொழுது ஒரு 90 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்கிறது. தொடக்க கால அளவில் பாயும் மின்னோட்ட அளவு முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தில் 1·1 முதல் 1·4 மடங்குவரை மாறுபடுகிறது. சுழற்சி அமைப்பின் நிலைமத் தடுப்புதிறன் 25 கிலோகிராம்—மீட்டர்[2] எனக் கொண்டால், முழுச்சுமைத் திருக்கத்திற்கு எதிரிடையாக மோட்டாரினை அதன் திட்டவரை வேகத்திற்கு முடுக்கிவிட எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தினைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு :

$$2\pi \frac{N}{60} T = H.P. \times 735{\cdot}5$$

$$\therefore T = \frac{60 \times H.P. \times 735{\cdot}5}{2\pi N} \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.}$$

$$\text{முழுச்சுமைத் திருக்கம்} = \frac{60 \times 50 \times 735{\cdot}5}{2 \times 3{\cdot}14 \times 500}$$

$$= 7028 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.}$$

முழுச்சுமைத் திருக்கத்திற்கு எதிராக, மோட்டாரினைத் தொடக்க வேண்டும். தொடக்க மின்னோட்டம் முழுச்சுமை அளவில் 1·1 முதல் 1·4 மடங்குவரை மாறுபடுவதால், தொடக்கத் திருக்கமும் முழுச்சுமைத் திருக்க அளவில் 1·1 முதல் 1·4 மடங்குவரை மாறுபடும்.

ஆகவே,

$$\text{சராசரி தொடக்கத் திருக்கம்} = \frac{1{\cdot}1 + 1{\cdot}4}{2} \times \text{முழுச் சுமைத் திருக்கம்}$$

$$= 1{\cdot}25 \times 702{\cdot}8$$

$$= 878{\cdot}5 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.}$$

முடுக்கத்திற்குக் கிடைக்கக்கூடிய திருக்கம்

$$T_m = 878{\cdot}5 - 702{\cdot}8 = 175{\cdot}7 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்கள்.}$$

நிலைமத் திருப்புதிறன் $J = 25$ கிலோகிராம் மீட்டர்^{2}.

$$\text{கோண முடுக்கம்}\ \propto = \frac{T_m \cdot g}{J}$$

$$= \frac{175 \cdot 7 \times 9 \cdot 81}{25}$$

$= 7 \cdot 28$ ரேடியன்/விநாடி^{2}.

$$\text{கோணத் திசைவேகம்}\ \omega = \frac{2\pi N}{60} = 2\pi \times \frac{500}{60} = \frac{100\pi}{6}$$

$$t = \int_0^{\frac{100\pi}{6}} \frac{1}{\propto}\, d\omega = \frac{\omega}{\propto} = \frac{100\pi/6}{7 \cdot 28}$$

$= 7 \cdot 188$ விநாடிகள்

எடுத்துக்காட்டு 1-32.

25 குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்) அளவு கொண்ட ஒரு நேர் மின்னோட்டக் கிளைபுல மோட்டார், தேக்க ஆற்றலைக் கொண்டுள்ள ஓர் இயந்திரப் பொறியினை இயக்குவிக்கிறது. இந்த மோட்டாரினை 600 சுற்று/நிமிடம் திட்டவரை வேகத்தினை அடைவதற்கு முடுக்கி விட்டால், எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் 10 விநாடிகள் என்றால் இயந்திரப் பொறியில் உள்ள தேக்க ஆற்றலைக் கண்டுபிடிக்கவும். தொடக்க கால அளவில் சுமைத் திருக்கம், மோட்டாரின் முழுச் சுமைத் திருக்கத்திற்குச் சமம் எனக் கொள்ளவும். தொடக்க மின்னோட்டம் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தின் இருமடங்கு எனக் கொள்க.

தீர்வு

$$\text{மோட்டாரின் முழுச்சுமைத் திருக்கம்}\ T = \frac{25 \times 735 \cdot 5}{2\pi \times 600/60} \times \frac{1}{9 \cdot 81}$$

$$= \frac{25 \times 735 \cdot 5}{20\pi \times 9 \cdot 81}$$

$= 29 \cdot 84$ கிலோகிராம்-மீட்டர்.

தொடக்க காலத்தில், மோட்டாரின் தொடக்க மின்னோட்டம் அதன் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தில் இரு மடங்காக இருப்பதால்,
தொடக்கத் திருக்கம் $= 2 \times 29 \cdot 84$

$= 59 \cdot 68$ கி.கி.-மீ.

சுமைத் திருக்கம், முழுச்சுமைத் திருக்கத்திற்குச் சமமாய் இருப்பதால் முடுக்கத்திற்குக் கிடைக்கும் திருக்க அளவு

$$T_m = 59 \cdot 68 - 29 \cdot 84$$

$= 29 \cdot 84$ கி.கி.-மீ.

கோணத் திசைவேகம் $\omega = 2\pi \dfrac{N}{60}$

$$= 2\pi \times 600/60 = 20\pi.$$

$t = 10$ விநாடிகள்

$$= \frac{\omega}{\alpha}$$

$\therefore$ கோண முடுக்கம் $\alpha = \dfrac{\omega}{t} = \dfrac{20 \times \pi}{10}$

$= 6 \cdot 28$ ரேடியன்/விநாடி^{2}.

நிலைமத் திருப்புதிறன் $J = \dfrac{T_m \cdot g}{\alpha}$

$$= \frac{29 \cdot 84 \times 9 \cdot 81}{6 \cdot 28}$$

$$= 46 \cdot 61$$

இயந்திரப் பொறி தேக்கி வைத்துள்ள ஆற்றல்,

$= \dfrac{1}{2} \cdot \dfrac{J}{g} \omega^2$ கி.கி.-மீ.

$$= \frac{1}{2} \times \frac{46 \cdot 61}{9 \cdot 81} \times (20\pi)^2.$$

$= 9376$ கிலோகிராம்-மீட்டர்.

எடுத்துக்காட்டு 1-33.

15 குதிரைத்திறன் (மெட்ரிக்) கொண்ட ஒரு நேர் மின்னோட்டக் கிளைபுல மோட்டார் அதனருகில் பொருத்தப்பட்ட சமனுருளையை 400 சுற்றுகள்/நிமிடம் வேகத்துக்கு முடுக்கிவிட எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் 4 விநாடிகள் என்றால், சமனுருளையின் நிலைமத்

திருப்புதிறனைக் கண்டுபிடிக்கவும். தொடக்க கால அளவில் மோட்டார் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தில் இரு மடங்கு மின்னோட்டத்தினை மாறா நிலையில் எடுத்துக்கொள்கிறது.

தீர்வு

மோட்டாரின் முழுச்சுமைத் திருக்கம் $T = \dfrac{H.P. \times 735 \cdot 5}{2\pi \times \dfrac{N}{60}} \times \dfrac{1}{9 \cdot 81}$ கி. கி.-மீ.

$$= \frac{15 \times 735 \cdot 5 \times 60}{2 \times 3 \cdot 14 \times 400} \times \frac{1}{9 \cdot 81}.$$

$$= 262 \cdot 8 \times \frac{1}{9 \cdot 81} \text{ கி.கி.-மீ.}$$

மோட்டார் தொடக்க கால அளவில், அதன் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தில் இருமடங்கு மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக் கொள்வதால் மோட்டாரின் திருக்கமும், முழுச்சுமைத் திருக்கத்தைப் போல் இருமடங்கு ஆகும்.

$\therefore$ முடுக்கத் திருக்கம் $T_m = 2 \times 262 \cdot 8 \times \dfrac{1}{9 \cdot 81}$

$$= 525 \cdot 6 \times \frac{1}{9 \cdot 81} \text{ கி.கி.-மீ.}$$

கோணத் திசைவேகம் $\omega = 2\pi \times \dfrac{N}{60} = 2\pi \times \dfrac{400}{60} = \dfrac{40\pi}{3}$

$t = 4$ விநாடிகள்

$\therefore$ கோண முடுக்கம் $\propto = \dfrac{\omega}{t} = \dfrac{40\pi}{3}$

$= 31 \cdot 4$ ரேடியன்/விநாடி^{2}

ஆனால் $\propto = \dfrac{T_m \cdot g}{J}$

அல்லது $J = \dfrac{T_m \cdot g}{\propto}$

$$= \frac{\dfrac{525 \cdot 6}{9 \cdot 81} \times 9 \cdot 81}{31 \cdot 4}$$

$$= \frac{525 \cdot 6}{31 \cdot 4}$$

$= 16 \cdot 73$ கி.கி-மீட்டர்^{2}.

எடுத்துக்காட்டு 1-34.

(அ) ஒரு நேர் மின்னோட்டக் கிளைபுல மோட்டார் மின்னகத்தின் குறுக்கே 15 ஓம் மின் தடையினை இணைத்து மோட்டாரின் வேகத்தை 1200 சுற்றுகள்/விநாடியிலிருந்து 500 சுற்றுகள்/விநாடிக்கு, கிளர்வு (excitation) மாரு நிலையிலிருக்கும்போது கொணர வேண்டும். மோட்டார் மின்னகத்தில் 1200 சுற்றுகள்/விநாடியில் உண்டான மின்னியக்கு விசை 225 வோல்டு எனவும், மின்னகத்தின் நிலைமத் திருப்புதிறன் 20 கிலோகிராம் – மீட்டர்^{2} எனவும் கொண்டால், மோட்டார் வேக இறக்கத்திற்காக எடுத்துக் கொண்ட நேரத்தினைக் கணக்கிடவும் (உராய்வு விளைவினைத் தவிர்க்கவும்).

(ஆ) 1·5 கிலோகிராம் மீட்டர்^{2} அளவு உராய்வுத் திருக்கம் இருந்தால், அதே அளவு வேக இறக்கத்திற்கு ஆகும் நேரம் என்ன?

தீர்வு

மோட்டார் மின்னகத்தின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ள மின் தடைக்கு மோட்டாரால் வழங்கப்பட்ட மின்திறன்

$$= \frac{E^2}{R}$$

$$= \frac{225 \times 225}{15} = 3375 \text{ வாட்டுகள்.}$$

இந்த மின்திறன் மின்முறை நிறுத்தி - திருக்கத்திற்குச் சரி ஒப்பானது.

∴ மின்முறை நிறுத்தி-திருக்கம்

$$T_E = \frac{3375}{2\pi \times \frac{N}{60} \times 9{\cdot}81}$$

$$= \frac{3375 \times 60}{2\pi \times 1200 \times 9{\cdot}81}$$

$$= 2{\cdot}738 \text{ கி.கி.-மீ.}$$

ஆனால் $T_E = K\omega_1$. இதில் ω_1 என்பது ஆரம்ப வேகம்.

$$= K \times 2\pi \times \frac{1200}{60} = K{\cdot}40\pi$$

$$\therefore \quad K = \frac{T_E}{40\pi} = \frac{2{\cdot}738}{40\pi}$$

$$= 0{\cdot}02879.$$

$$t = \frac{J}{gK} \log_e \frac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega}$$

(i) இங்கே $T_F = 0$

$$\therefore \quad t = \frac{J}{gK} \log_e \frac{\omega_1}{\omega}$$

$$= \frac{J}{gk} \log_e \frac{2\pi \times \frac{1200}{60}}{2\pi \times \frac{500}{60}}$$

$$= \frac{20}{9{\cdot}81 \times 0{\cdot}02179} \log_e 2{\cdot}4.$$

$$= 93{\cdot}56 \times 2{\cdot}303 \times 0{\cdot}3802.$$

= 81·93 விநாடிகள்.

(ii) உராய்வுத் திருக்கம் 1·5 ஆக இருக்கும்பொழுது,

$$t = \frac{J}{gk} \log_e \frac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega}$$

$$= \frac{20}{9{\cdot}81 \times 0{\cdot}02179} \log_e \frac{1{\cdot}5 + 0{\cdot}02179 \times 2\pi \times \frac{1200}{60}}{1{\cdot}5 + 0{\cdot}02179 \times 2\pi \times \frac{500}{60}}$$

$$= 93{\cdot}56 \times \log_e \frac{1{\cdot}5 + 2{\cdot}74}{1{\cdot}5 + 1{\cdot}141}$$

$$= 93{\cdot}56 \times 2{\cdot}303 \times \log_{10} 1{\cdot}605$$

$$= 93{\cdot}56 \times 2{\cdot}303 \times 0{\cdot}2054$$

= 44·26 விநாடிகள்.

எடுத்துக்காட்டு 1-35.

10 புல முனைகளை (field poles) உடையதும், 50 சுற்றுகள்/வினாடி அலைவெண்ணும் கொண்ட ஓர் ஒத்தியங்கு மோட்டார் ஒரு சுமையோடு பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவற்றின் மொத்த நிலைமத் திருப்புதிறன் 400 கி. கிராம்-மீட்டர்². உராய்வுத் திருக்கம் 15 நியூட்டன்-மீட்டர் என்றால், மோட்டாரினை முழுநிலை நிறுத்தத்திற்குக் கீழ்க்கண்ட வகைகளில் கொணருவதற்கு ஆகும் நேரம், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றினைக் கணக்கிடுக.

(அ) மாறுநிலை அளவான 120 கிலோ கிராம்-மீட்டர் நிறுத்தி-திருக்கமுடைய செருகல் வகை.

(ஆ) 500 கி. கிராம்-மீட்டர் ஆரம்ப மின் நிறுத்தித் திருக்கமுடைய தடை மாற்றி நிறுத்தல் வகை. ஆரம்ப மின் நிறுத்தி - திருக்கத்தின்போது புல மின்னோட்டமும், நிறுத்தியின் தடையும் மாறுநிலையில் உள்ளன எனக் கொள்க.

தீர்வு

(அ) செருகல் முறை

மின் நிறுத்தி-திருக்கம் T_E = 120 கி.கி-மீ.

உராய்வுத் திருக்கம் T_F = 15 நியூட்டன்-மீட்டர்.

$$T_F = \frac{15}{9 \cdot 81} = 1 \cdot 53 \text{ கி.கி-மீ.}$$

∴ மொத்த நிறுத்தி-திருக்கம் $T_B = T_E + T_F$

$$= 120 + 1 \cdot 53 = 121 \cdot 53$$

கோண ஒடுக்கம் $\beta = \frac{T_B \cdot g}{J}$

$$= \frac{121 \cdot 53 \times 9 \cdot 81}{500} = 2 \cdot 384 \text{ ரேடியன்/வினாடி}^2$$

மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேகம் $N_S = \frac{120f}{P}$

$$= \frac{120 \times 50}{10} = 600 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்.}$$

கோண வேகம் $\omega = \frac{2\pi \times 600}{60} = 62{\cdot}83$ ரேடியன்/ விநாடி

மோட்டாரினை நிறுத்த எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்,

$$t = -\frac{1}{\beta}\int_{62\cdot83}^{0} d\omega = -\frac{\omega}{\beta}$$

$$= -\left(0 - \frac{62\cdot8}{2\cdot384}\right)$$

$$= 26\cdot36 \text{ விநாடிகள்}$$

(ஆ) தடைமாற்றி நிறுத்தி

$$t = \frac{J}{gK}\log_e \frac{T_F + K\omega_1}{T_F + K\omega}$$

$$= \frac{J}{gK}\log_e \frac{T_F + K\omega_1}{T_F} \quad (\because \omega = 0)$$

$T_F = 1{\cdot}53$ கி.கி-மீ.

$T_E = K\omega_1 = 500$ கி.கி-மீ.

$$K = \frac{500}{\omega_1} = \frac{500}{62\cdot83} = 7\cdot958$$

$$\therefore \quad t = \frac{J}{gK}\log_e \frac{T_F + K\omega_1}{T_F}$$

$$t = \frac{400}{9\cdot81 \times 7\cdot958} \times 2\cdot303 \log_{10} \frac{1\cdot53 + 500}{1\cdot53}$$

$$= 11\cdot8 \log_{10} 327\cdot4$$

$$= 11{,}8 \times 2\cdot515 = 29\cdot68 \text{ விநாடிகள்}$$

$$n = \frac{1}{2\pi k}\left[\frac{J}{gK}(T_F + K\omega_1)\left(1 - e^{-\frac{Kg}{J}t}\right) - T_F \cdot t\right]$$

$$= \frac{1}{2\times3\cdot1416\times7\cdot958}\left[\frac{400}{9\cdot81\times7\cdot958}(1\cdot53+500)\right.$$

$$\left.\left(1 - e^{-\frac{7\cdot958\times9\cdot81}{400}\times29\cdot68}\right) - 1\cdot53 \times 29\cdot68\right]$$

$$= 0{\cdot}02\,[5{\cdot}124\,(501{\cdot}53)^{-}\,(1-e^{1.53 \times 29.69)} - 45{\cdot}41]$$

$$= (0{\cdot}02 \times 5{\cdot}124 \times 501{\cdot}53)\,(1-e^{-5.70}) - 45{\cdot}41$$

$$= 51{\cdot}39 \quad (1-e^{-5.79}) - 0{\cdot}91$$

$$= 51{\cdot}39 \times 0{\cdot}9968 - 0{\cdot}91$$

= 50·32 விநாடிகள்.

எடுத்துக்காட்டு 1-36.

ஒரு மோட்டாரின் வெப்பநேர மாறிலி 40 நிமிடங்கள். அது அசையா நிலையில் இருக்கும்பொழுது அதன் குளிர்வு நேர மாறிலி 1 மணி 15 நிமிடங்கள். மோட்டார் அடையும் இறுதி வெப்பநிலை 60° சென்டிகிரேட். மோட்டார் 32 நிமிடங்கள் முழுச்சுமையுடனும், 16 நிமிடங்கள் சுமையில்லாமலும் ஓடினால் மோட்டாரின் வெப்ப நிலையினைக் கண்டுபிடிக்கவும். இச் சுழற்சி வரம்பிலா அளவிற்கு மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்வதாகக் கொள்க.

தீர்வு

மோட்டார் சுமையுடன் ஓடிக்கொண்டிருக்கும்போது ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு $\theta = \theta_f\left(1-e^{-\frac{t}{T}}\right)$

இறுதி வெப்பநிலை $\theta_f = 60°C$

மோட்டார் முழுச்சுமையுடன் உள்ள நேரம் $t = 32$ நிமிடங்கள்.

வெப்ப நேர மாறிலி $T = 40$ நிமிடங்கள்.

$$\therefore \quad \theta = 60\left(1-e^{-\frac{32}{40}}\right)$$

$$= 60\,(1-e^{-0.8})$$

$$= 60\,(1-0{\cdot}4493)$$

$$= 33{\cdot}04°C.$$

அடுத்த 15 நிமிடங்கள் வரை மோட்டார் ஓடாமல் இருந்தால், வெப்பநிலையில் இறக்கமேற்படும்.

15 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு உள்ள மோட்டாரின் வெப்பநிலை

$$\theta = \theta^1 e^{-\frac{t}{T}}$$

இதில் t = 15 நிமிடங்கள்.

குளிர்வு நேர மாறிலி 'T' = 75 நிமிடங்கள்.

குளிர்ச்சியடைய ஆரம்பிக்கும் பொழுதுள்ள வெப்பநிலை உயர்வு $\Big\}$ $\theta_1' = 33{\cdot}04°C$

$$\therefore \quad \theta = 33{\cdot}04\, e^{-\frac{15}{75}}$$

$$= 27{\cdot}05°C.$$

எடுத்துக்காட்டு 1-37.

5 குதிரைத் திறன் கொண்ட மோட்டார் அதன் முழுச் சுமையின்போது 1 மணி, 2 மணி கால அளவுகளில் ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு முறையே 30°C, 45°C என்றால் (அ) முழுச் சுமையின் போதுள்ள இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு (ஆ) மோட்டாரின் வெப்ப நேர மாறிலி (இ) இரும்பு இழப்புகள், முழுச்சுமையின்போது ஏற்படும் தாமிர இழப்புகளில் 75% ஆனால் மோட்டாரின் முக்கால மணி, திட்ட வரை திறன் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

$$30° = \theta_f \left(1 - e^{-\frac{1}{T}}\right)$$

$$45° = \theta_f \left(1 - e^{-\frac{2}{T}}\right)$$

$$\frac{45}{30} = \frac{\theta_f \left(1 - e^{-\frac{2}{T}}\right)}{\theta_f \left(1 - e^{-\frac{1}{T}}\right)}$$

$e^{-\frac{1}{T}}$ -ன் மதிப்பு x எனக் கொள்க.

$$\frac{45}{30} = \frac{1 - x^2}{1 - x} = 1 + x$$

$$\therefore \quad x = \frac{45}{30} - 1 = \frac{1}{2} = e^{-\frac{1}{T}}$$

$$\therefore \quad T = 1{\cdot}442 \text{ மணிகள்.}$$

$$\theta_f \left(1 - e^{-\frac{1}{T}}\right) = 30.$$

$$\therefore \quad \theta_f = \frac{30}{\frac{1}{2}} = 60°C.$$

முக்கால் மணி நேரத்திற்குப் பிறகு வெப்பநிலை உயர்வு 60°C ஆக இருந்தால், இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு :

$$\theta = \theta_{f_1} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

$$60 = \theta_{f_1} \left(1 - e^{-\frac{0{\cdot}75}{1{\cdot}442}}\right)$$

$$\therefore \quad \theta_{f_1} = 131{\cdot}8°C.$$

P என்னும் முழுச்சுமையில் தாமிர இழப்புகள் 1 எனக் கொண்டால் இரும்பு இழப்புகள் 0·75 ஆகும். ஆகவே P என்னும் முழுச் சுமையில் உள்ள மொத்த இழப்புகள் 1·75.

P' சுமையில் தாமிர இழப்புகள் $\left(\frac{P'}{P}\right)^2 \times 1$

அதே சுமையில் இரும்பு இழப்புகள் $= 0{\cdot}75$

P' என்னும் சுமையில் மொத்த இழப்புகள் $= \left(\frac{P'}{P}\right)^2 + 0{\cdot}75$

$$\frac{P' \text{ சுமையில் உள்ள மொத்த இழப்பு}}{P \text{ சுமையில் உள்ள மொத்த இழப்பு}} = \frac{0{\cdot}75 + \left(\frac{P'}{P}\right)^2 \times 1}{1{\cdot}75} = \frac{\theta_{f_1}}{\theta_f}$$

$$\frac{0{\cdot}75 + \left(\frac{P'}{P}\right)^2}{1.75} = \frac{131{\cdot}8}{60}.$$

$$\therefore \quad \left(\frac{P'}{P}\right)^2 = 3{\cdot}845 + 0{\cdot}75 = 4{\cdot}595$$

$$\therefore \quad \frac{P'}{P} = 2{\cdot}14.$$

1-3-12. சுமைச் சமன்படுத்துதல் (Load equalisation)

பெரும்பான்மையான தொழிலக ஓட்டுகளில் (drives) மிகக் குறுகிய இடைவெளி நேரத்தில் மின் அமைப்பில் பெருத்த அளவு ஏற்ற இறக்கம் ஏற்படுகிறது. இத்தகைய மின் சுமைகளுக்கு ஏற்ற இறக்கம் அல்லது ஊசலாடும் மாறுநிலை சுமைகள் (fluctuating loads) என்று பெயர். இவ்வாறு உண்டாகும் மின் சுமையின் ஏற்ற இறக்க உச்ச வரம்பு வேறுபாடுகளைக் குறைக்க வேண்டும். இன்றேல் மின் தோற்றுவாயினின்று அதிக மின்னோட்டம் கம்பியினூடே வெளிப்பட்டு, மிகுந்த மின்னழுத்த வீழ்ச்சியை ஏற்படுத்தும். தவிர, இந்த உச்ச வரம்பு மின்னோட்டத்தினைத் தாங்குவதற்கான பெரிய குறுக்களவுப் பரப்புக் கொண்ட மின் கம்பிகள் தேவைப்படும். இப்படிப்பட்ட ஏற்ற இறக்கம் கொண்ட மாறுநிலை மின்சுமை வேறுபாடுகளைக் குறைத்துச் சமப்படுத்துவதற்கும், பெரும மின்னோட்டத் தேவையினைக் குறைப்பதற்கும் சுமைச் சமன்படுத்துதல் எனப்பெயர்.

மாறுநிலைச் சுமையினைச் சமன்படுத்துவதற்குப் பொதுவாகச் சமனுருளை (fly wheel) பயன்படுத்தப்படுகிறது. உச்ச மின் சுமையுள்ள (peak load) கால அளவில் சமனுருளையின் வேகம் தணிந்து அது சேகரித்து வைத்திருந்த ஆற்றலை வெளிவிட்டு, திறன் தருவாய் அமைப்பினின்று (Power supply system) பெறும் தேவையின் அளவினைக் குறைக்கச் செய்கிறது, சிறு சுமையுள்ள கால அளவில் சமனுருளை முடுக்கிவிடப்படுவதால் தான் சேகரித்த ஆற்றல் குறைபட்டிருந்த இயங்கு ஆற்றலை (kinetic energy) மீண்டும் நிரப்பிக்கொண்டு அடுத்து வரும் உச்ச மின்சுமை அதிகரிப்புக்குத் தயாராகிறது. இங்ஙனம் திறன் தருவாய் அமைப்பின் தேவையினை (demand) மாறாத நிலையில் இருக்கும்படி செய்கிறது. அடிக்கடி மோட்டாரினைத் துவக்கவும், நிறுத்தவும் வேண்டிய அவசியமில்லாத இடங்களில் மோட்டார் ஒரே திசையில் இயங்க வைக்கப்படுமானால், சமனுருளையை அந்த மோட்டார் இருசுடன் பொருத்தலாம். சமனுருளையைப் பயன்படுத்தும் மோட்டார்களில் சுமை வேகச் சிறப்பியல்புகள் கீழ்நோக்கிச் சாய்வுறும் (drooping) வளைகோடாக இருந்தால்தான் மோட்டார் மின்சுமையினைத் தாங்கும்போது வேகம் குறைந்து, சமனுருளை தான் சேகரித்து வைத்திருந்த ஆற்றலில் ஒரு பகுதியை வெளிவிட ஏதுவாகும். ஆகவேதான் நிலையான வேகமுடைய ஒத்தியங்கு மோட்டார்களில் (synchronous motors) சமனுருளையைப் பயன்படுத்தினால் எந்தப் பயனையும் பெறமுடியாது. நிலக்கரிச் சுரங்கத்தில் உள்ள சுழல் ஏற்ற மின்பொறிக்குத் தேவையான மோட்டார் முன்னும் பின்னு

மியங்க வல்லதாயிருக்க வேண்டும். அத்துடன் அம் மோட்டாருக்கு வேகக் கட்டுப்பாடும் அவசியம். வார்டு-லியோனுர்டு வேகக் கட்டுப்பாடு அமைப்பின்மூலம் முன் பின்னுக இயங்கவைத்தல், வேகக் கட்டுப்பாடு ஆகியவற்றினைச் செய்யமுடியும். இத்தகைய அமைப்புடன் இருந்தால் சமனுருளையை மோட்டார்-ஜெனரேட்டர் தொகுப்பின் இருசுடன் பொருத்தலாம்.

ஏற்ற இறக்கமுடைய மாறுநிலை மின்சுமைகளுக்கான எடுத்துக் காட்டுகள்: எஃகு துண்டுக் கட்டைகளைக் கம்பிகளாகவோ, அல்லது இதர வெட்டுமுக (section) அமைப்புகளாகவோ செய்யும் உருள் ஆலைகளில், மின்சுமை மிக உயர்ந்த உச்ச அளவிலேயே சில வினடிகள்வரை இருந்து, சிறுசுமை அளவினுக்கு இறங்கி சிறிதுநேரம் இருந்தபின் மீண்டும் உச்ச நிலையை யடைகிறது. அதாவது இரும்புத்துண்டு கட்டைகள் உருள்களின் நடுவில் இருக்கும் காலஅளவில் மின்சுமை மிக உயர்ந்தும், அவைகளில்லாத போது உருள்களில் உள்ள உராய்வு மின்னிழப்புக்கு வழங்கப்படும் மின்சுமை அளவு மிகவும் குறைந்தும் இருக்கும். இங்ஙனம் ஏறி யிறங்கும் மின்சுமை சுழற்சி உருள் ஆலைகளில் மீண்டும் மீண்டும் நிகழும்.

நிலக்கரிச் சுரங்கத்தில் உள்ள சுழல் ஏற்ற மின்பொறியின் (colliery winder) சுமையும், மாறுநிலை மின்சுமைக்கோர் எடுததுக் காட்டாகும். இம் முறை முடுக்க காலஅளவில், மிக உயர்ந்த உச்ச மின்சுமையினையும், நிறுத்தல் காலஅளவில், மிகக் குறைந்த மின் சுமையினையும் கொண்டது. மேலும், இழைப்புப்பொறிகள் (planing machines) போன்ற இயந்திரக் கருவிகளில், கருவியினை நிலையாகப் பிடித்துக்கொண்டு அதன்கீழே இழைக்க வேண்டிய பொருளினை முன்னுக்கும் பின்னுக்கும் நகர்த்தி இழைக்கப்படும். ஆகவே, முடுக்க காலஅளவில் அதிகமான மின்சுமையும், அதனைத் தொடர்ந்து துண்டிக்கப்படும் காலஅளவில் நிலையான மின்சுமையும், இறுதியில் பின்புறமாக இயங்கி, மீண்டும் தொடக்க நிலையினை விரைவில் திரும்பி வந்தடைகிறது. ஆகவே, இழைப்புப் பொறி அமைப்பு, மாறுநிலை மின்சுமைக்கொரு நல்ல எடுத்துக் காட்டாகும்.

சமனுருளைக் (Fly wheel) கணக்கிடல்: சமனுருளை பொருத்தப்பட்ட ஒரு மோட்டாரினை எடுத்துக்கொள்வோம். இதில்

T_l = சுமை திருக்கம் (load torque).
அலகு கிலோகிராம் மீட்டர் (இது சுமையுள்ள இடைவேளை நேரத்தில் நிலையாக இருப்பதாகக் கொள்வோம்).

T_f = சமனுருளைத் திருக்கம் (கிலோகிராம் மீட்டர்).

T_0 = சுமையில்லாதபோது உள்ள மோட்டாரின் திருக்கம். (உராய்வு, காற்று வாட்டம் ஆகியவற்றிற்கு ஈடுசெய் வதற்குரிய விசை).

T_m = மோட்டார் திருக்கம் ஏதாவது ஒரு கால நுட்பத்தில் (at any instant).

w_0 = சுமையில்லாதபோது மோட்டாரின் வேகம் (ரேடியன்கள்/வினடி).

w = மோட்டாரின் வேகம் ஏதாவது ஒரு கால நுட்பத்தில் (ரேடியன்கள்/வினடி).

S = மோட்டாரின் நழுவல் = $(w_0 - w)$

J = சமனுருளையின் நிலைமத் திருப்புதிறன் (கிலோகிராம்-மீட்டர்²)

t = காலநேரம் (வினடி)

g = புவிஈர்ப்பு முடுக்கம்.

நிலைமை 1 (Case 1) : மின்சுமை அதிகரிப்பு - சமனுருளையின் வேகம் தணிதல் :

சமனுருளையின் வேகம் தணியும்பொழுது, அது சேகரித்து வைத்திருந்த ஆற்றலின் ஒரு பகுதியளவாகிய E-யை வெளியிடு வதாகக் கொள்வோம்.

$$\therefore \quad E = \frac{1}{2} \frac{J}{g}\left(w_0^2 - w^2 \right)$$

$$= \frac{J}{g}\left(w_0 - w \right) \left(\frac{w_0 + w}{2} \right)$$

$$\therefore \quad S = (w_0 - w) \qquad \ldots (1\text{-}93)$$

நடைமுறையில் சமனுருளை கொண்ட மோட்டாரின் வேக வீழ்ச்சி 10 சதவீதத்திற்குமேல் இருக்காது. ஆகையால் $\frac{w_0 + w}{2}$ என்னும் சராசரி வேகத்தை மோட்டாரின் வேகமாகிய w-க்குச் சமமாகக் கொள்வோம். அதாவது $\frac{w_0 + w}{2} = w$.

$$\therefore \quad E = \frac{J}{g} wS. \qquad \ldots (1\text{-}94)$$

சமனுருளை வெளிவிடும் திறன் = அதனுடைய ஆற்றல் மாறுதலின் வீதம்.

$$= \frac{d}{dt}(E)$$

$$= \frac{J}{g} w \frac{dS}{dt}.$$

$$\text{ஆனால் திருக்கம்} = \frac{\text{திறன்}}{\text{கோண வேகம}} = \left(\frac{J}{g} w \cdot \frac{dS}{dt}\right) \frac{1}{w}$$

$$= \frac{J}{g} \cdot \frac{dS}{dt}. \qquad \ldots \quad (1\text{-}95)$$

மோட்டார் வழங்கும் திருக்கம் = சுமைத்திருக்கம்—சமனுருளை வழங்கிய திருக்கம்

$$\text{ஆனால், } T_m = T_l - T_f. \qquad \ldots \quad (1\text{-}96)$$

$$= T_l - \frac{J}{g} \cdot \frac{dS}{dt}. \qquad \ldots \quad (1\text{-}97)$$

சிறிய அளவில் நழுவல் மதிப்பு இருக்கும்வரை தூண்டல் மோட்டாரில் (du[illegible] m[illegible]) நழுவல், திருக்கத்துக்குக் கிட்டத் தட்ட நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்

$$\therefore \quad S = K T_m \quad \text{இதில் } K \text{ என்பது ஒரு மாறிலி.}$$

$$\therefore \quad T_m = T_l - \frac{J}{g} \frac{d}{dt} (K \cdot T_m) \qquad \ldots \quad (1\text{-}98)$$

$$\frac{JK}{g} \cdot \frac{d T_m}{dt} = (T_l - T_m).$$

$$\therefore \quad \frac{d T_m}{T_l - T_m} = \frac{g}{JK} \cdot dt.$$

$$\text{தொகுப்பின் } -\log_e (T_l - T_m) = \frac{g}{JK} t + C \qquad \ldots \quad (1\text{-}99)$$

இதில் "C" என்பது தொகையீட்டு மாறிலி. இதன் மதிப்பை ஆரம்ப நிலைகளில் உள்ள விவரங்களைக் கொண்டு கண்டறியலாம்.

$$t = 0 \text{ ஆனால்}, \; T_m = T_0$$

$$\therefore \quad C = -\log_e (T_l - T_0)$$

C-ன் மதிப்பைச் சமன்பாடு (1-99)-ல் பிரதியீடு செய்தால்

$$-\log_e (T_l - T_m) = \frac{g}{JK} t - \log_e (T_L - T_0)$$

$$\therefore \frac{g}{JK} \cdot t = \log_e \left(\frac{T_l - T_0}{T_l - T_m} \right) \qquad \ldots (1\text{-}100)$$

$$e^{\frac{g}{JK} t} = \frac{T_l - T_0}{T_l - T_m}$$

$$\therefore \quad T_l - T_m = (T_l - T_0)\, e^{\frac{-g}{JK} t}$$

$$T_m = T_l - (T_L - T_0)\, e^{\frac{-g}{JK}} \qquad \ldots (1\text{-}101)$$

நிலைமை II (Case II) : மின்சுமை குறைதல்—சமனுருளையின் வேக விரைவு (Accelerating).

சமனுருளையின் வேகம் அதிகமாகிக் கொண்டே போனால், நழுவல் குறைந்து கொண்டே வரும். ஆகையால் $\frac{dS}{dt}$ என்பது ஓர் எதிர்க்குறி மதிப்புடையது. (negative).

$$\therefore \quad T_m = T_0 + T_f.$$

$$= T_0 - \frac{J}{g} \frac{dS}{dt} \left(\because \frac{dS}{dt} \text{ -ன் மதிப்பு எதிர்க் குறியுடையது} \right)$$

$$T_m = T_0 - \frac{J}{g} K \cdot \frac{dT_m}{dt} \qquad \ldots (1\text{-}102)$$

அல்லது $\frac{J}{g} K. \frac{d T_m}{dt} = T_o - T_m$

$$\frac{d T_m}{T_o - T_m} = \frac{g}{JK} dt$$

இதனைத் தொகுப்பின்,

$$- \log_e (T_o - T_m) = \frac{g}{JK} t + C' \qquad \dots (1\text{-}103)$$

இதில் C' தொகுப்பு மாறிலி. இதன் மதிப்பினை ஆரம்ப நிலைகளில் உள்ள விவரங்களைக் கொண்டு கண்டறியலாம். $t = 0$ ஆனால், $T_m = T_m'$ ஆகும். இதில் T_m' என்பது மின் பளுவை எடுக்கும் போது உள்ள சரி நுட்ப நேரத்தில் உண்டாகும் மோட்டாரின் திருக்கம் ஆகும்.

$$\therefore \; C' = - \log_e (T_o - T_m')$$

$$- \log_e (T_o - T_m) = \frac{g}{JK} t \; \log_e (T_o - T_m^1)$$

$$- \frac{g}{JK} t = \log_e \frac{(T_o - T_m)}{T_o - T_m'}$$

$$e^{-\frac{g}{JK} t} = \frac{T_o - T_m}{T_o - T_m'}$$

$$T_o - T_m = (T_o - T_m') \, e^{-\frac{g}{JK} t}$$

$$- T_m = - T_o + (T_o - T_m') \, e^{-\frac{g}{JK} t}$$

$$T_m = T_o - (T_o - T_m') \, e^{-\frac{g}{JK} t}$$

$$T_m = T_o + (T_m' - T_o) \; e^{-\frac{g}{JK} t} \qquad \dots (1\text{-}104)$$

எடுத்துக்காட்டு 1-38.

சமனுருளையுடன் பொருத்தப்பட்ட ஒரு மோட்டார் ஓர் உருள் ஆலையினை இயக்குவிக்கிறது. அந்த ஆலைக்குத் தேவையான

சுமைத் திருக்கம் 10 விநாடிகள் வரை 2200 நியூட்டன் மீட்டரும், அதற்கும் பின்னைல் 40 விநாடிகள் வரை 200 நியூட்டன் மீட்டரும் ஆன சுழற்சியினை (cycle) உடையது. இச் சுழற்சி வரம்பிலா அளவிற்கு திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கிறது. மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேகம் 1000 சுற்றுகள்/நிமிடம். இதனுடைய சுமைத் திருக்கம் 157 கிலோ கிராம்-மீட்டராக இருக்கும் பொழுதுள்ள நழுவல் 7.5%. சமனுருளை, மற்ற சுழலும பகுதிகள் ஆகியவற்றின் மொத்த நிலைமத்திருப்பு திறன் 1962 கிலோ கிராம்-மீட்டர்^{2} எனக் கொள்க. முதல் மூன்று முழு சுழற்சிகளுக்கான மோட்டாரின் திருக்க-நேரம் அதன் வேக-நேரம் வளைகோடுகளை வரைக. மோட்டாரின் தொடக்கத் திருக்கம் சுழிமதிப்புடையது எனக் கொள்க.

தீர்வு

$$\text{நழுவல் வேகம்} = 1000 \times \frac{7\cdot 5}{100} = 75 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்.}$$

$$\text{நழுவல் கோண வேகம்} = 2\pi \times \frac{75}{60} = 7\cdot 85 \text{ ரேடியன்/விநாடி}$$

$$K = \frac{\text{நழுவல் கோண வேகம் (ரேடியன்/விநாடி)}}{\text{திருக்கம் (கிலோ கிராம்-மீட்டர்)}}$$

$$= \frac{7\cdot 85}{157} = 0\cdot 05.$$

சுமை அதிகரிக்கும் சால அளவில் சமனுருளையின் வேகம் தணிகிறது.

$$\therefore \; T_m = T_l - (T_l - T_0)\, e^{-\frac{g}{JK}t}$$

$$\frac{g}{JK} = \frac{9\cdot 81}{1962 \times 0\cdot 05} = 0\cdot 1$$

5 விநாடிகளுக்கு பிறகு, மோட்டாரின் திருக்கம்

$$T_m = 2200 - (2200 - 0)\, e^{-0\cdot 1 \times 5}$$

$$= 2200 - 2200\,(e^{-0\cdot 5})$$

$$= 2200 - 2200 \times 0\cdot 6065$$

$$= 866\cdot 7 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர் (நி. மீ).}$$

இத் திருக்கத்தின் போதிருக்கும் நழுவல் $= \left(\frac{866 \cdot 7}{9 \cdot 81} \times \frac{1}{157}\right) \times 7 \cdot 5$

$= 4\ 221$

∴ இத்திருக்கத்தின் போதிருக்கும் வேகம் $= 1000(1\text{-}S)$

$= 957 \cdot 79$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

10 விநாடிகளுக்கு பிறகு அதாவது உச்ச சுமை கால அளவின் இறுதியில் மோட்டாரின் திருக்கம்.

$$T_m = 2200 - (2200 - 0)\ e^{-0 \cdot 1 \times 10}$$

$$= 2200 - 2200\ e^{-1} = 2200 - 2200 \times 0 \cdot 3679$$

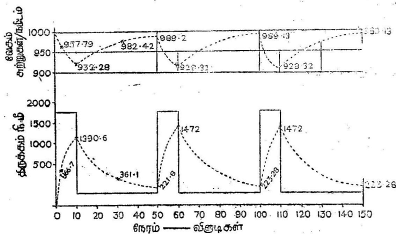
$= 1390 \cdot 6$ நியூட்டன்-மீட்டர்.

இத் திருக்கத்தின் போதிருக்கும் நழுவல் $= \left(\frac{1390 \cdot 6}{9\ 81} \times \frac{1}{157}\right)\ 7 \cdot 5$

$= 6 \cdot 772\%$

இத் திருக்கத்தின் போதிருக்கும் வேகம் $= 1000\ (1 - S)$

$= 932 \cdot 28$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.



படம் 1-53.

உச்ச சுமைக் காலப்பகுதியில் ஏற்படும் திருக்கமும் வேகமும்

இதேபோல் உச்ச சுமை காலப்பகுதியில் மற்ற நேரங்களிலும் ஏற்படும் திருக்கம், வேகம் ஆகியவற்றினைக் கணக்கிட்டு, வரை

படத்தில், கீறு பிரிவுக்கோட்டின் மூலம் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. ஏதேனும் ஒரு கணநேரத்தில் உள்ள, சுமைத் திருக்கத்திற்கும் மோட்டார் திருக்கத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசம், அக் கண நேரத்தில், சமனுருளையால் வழங்கப்பட்ட திருக்கத்திற்குச் சமம்.

உச்ச சுமைநீக்க காலப்பகுதியில், சுமைத் திருக்கம் 200 நியூட்டன்-மீட்டராக இருக்கும்பொழுது, மோட்டாரின் திருக்கம்,

$$T_m = T_0 + (T_m' - T_0)\, e^{-\frac{g}{JK} \times t}$$

இதில் $T_m' = 1390{\cdot}6$ கி. மீ.

20 விநாடிகளுக்கு பிறகு மோட்டாரின் திருக்கம்.

$$T_m = 200 + (1390{\cdot}6 - 200)\, e^{-0{\cdot}1 \times 20}$$

$$= 200 + 1190{\cdot}6 \times e^{-2.0}$$

$$= 200 + 1190{\cdot}6 \times 0{\cdot}1353$$

$$= 200 + 161{\cdot}1 = 361{\cdot}1 \text{ நி. மீ.}$$

இத் திருக்கத்தின் போதிருக்கும் நழுவல்

$$= \left(\frac{361{\cdot}1}{9{\cdot}81} \times \frac{1}{157}\right) 7{\cdot}5 = 1{\cdot}758$$

இத் திருக்கத்தின் போதிருக்கும் வேகம் $= 1000(1 - S)$

$= 982{\cdot}42$ சுற்றுகள்/விநாடி

40 விநாடிகளுக்குப் பிறகு, அதாவது உச்ச சுமை நீக்க காலப் பகுதியின் இறுதியில் மோட்டாரின் திருக்கம்.

$$T_m = 200 + (1390{\cdot}6 - 200)\, e^{-0{\cdot}1 + 40}$$

$$= 290 + 1190{\cdot}6 \times 0{\cdot}0183$$

$$= 221{\cdot}8 \text{ நி. மீ.}$$

இத் திருக்கத்தின் போதிருக்கும் நழுவல்

$$= \left(\frac{221{\cdot}8}{9\ {\circ}1} \times \frac{1}{157}\right) 7\ 5 = 1{\cdot}08\%$$

இத் திருக்கத்தின் போதிருக்கும் வேகம் $= 1000\,(1 - S)$

$= 989.2$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

இந்த அளவுகளையும் வரைபடத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் குறிக்கவும்.

இரண்டாவது சுழற்சியின் உச்ச சுமை அதிகரிப்பு காலப் பகுதியில், மோட்டாரின் தொடக்க திருக்கம்.

$$T_0 = 221.8 \text{ நி. மீ.}$$

இக் காலப்பகுதியின் இறுதியில் மோட்டாரின் திருக்கம்.

$$T_m = 2200 - (2200 - 221.8)\, e^{-0.1 \times 10}$$

$$= 2200 - 1978.2 \times e^{-1}$$

$$= 2200 - 1978.2 \times 0.3679$$

$$= 2200 - 728 = 1472 \text{ நி. மீ.}$$

$$\text{நழுவல்} = \left(\frac{1472}{9.81} \times \frac{1}{157}\right) 7.5 = 7.168\%$$

$$\text{வேகம்} = 1000\,(1 - S) = 928.32 \text{ சுற்றுகள்/விநாடி.}$$

இரண்டாவது சுழற்சியில் உச்ச சுமை நீக்க காலப்பகுதியின் இறுதியில் மோட்டார் திருக்கம்.

$$T_m = T_0 + (T_m{}^1 - T_0)\, e^{-\frac{g}{JK} t}$$

$$= 200 + (1472 - 200)\, e^{-0.1 \times 40}$$

$$= 200 + 1272 \times e^{-4}$$

$$= 200 + 1272 \times 0.0183$$

$$= 200 + 23.28 = 223.28 \text{ நி. மீ.}$$

$$\text{நழுவல்} = \left(\frac{223.28}{9.81} \times \frac{1}{157}\right) 7.5 = 1.087\%$$

$$\text{வேகம்} = 1000\,(1 - S) = 989.13 \text{ சுற்றுகள்/விநாடி.}$$

மூன்றாவது சுழற்சி காலப்பகுதியில் ஏற்படும் மோட்டாரின் திருக்க மாற்றமும், வேக மாற்றமும் இரண்டாவது சுழற்சி காலப் பகுதியில் ஏற்பட்ட மாறுதலைப் போன்றதே. இதே சுழற்சி வரம்பிலா அளவிற்குத் திரும்பத் திரும்ப நிகழும்.

[குறிப்பு : வெவ்வேறு கணநேரத்தில் குதிரைத்திறனைக் கீழ்கண்ட வாய்பாட்டின் மூலம் கண்டு பிடிக்கலாம்.

குதிரைத்திறன் $= 2\pi \times \frac{N}{60} \times \frac{T}{735.5}$ (இதில் T - ன் அலகு நியூட்டன்-மீட்டர்) குதிரைத்திறன் வேறுபாடும் திருக்க வேறு பாட்டினைப் போலவே இருக்கும்.]

எடுத்துக்காட்டு 1-39.

150 குதிரைத்திறன், 400 வோல்ட், முந்நிலை, 50 சுற்றுகள்/ விநாடி அலைவெண் கொண்ட ஒரு தூண்டல் மோட்டார் மாறு நிலையான 275 நி. மீ. சுமைத் திருக்கத் திறனையும், மிகுந்த இடை வேளைக்குப் பிறகு 10 விநாடிகள் கால அளவில் 2415 நியூட்டன்-மீட்டர் அளவு கொண்ட மொத்த சுமைத் திருக்கத் திறனையும் கொண்டுள்ளது. மோட்டாரின் மீது முழுச்சுமை உள்ளபோது அதன் வேகம் 675 சுற்றுகள்/நிமிடம்; மோட்டாரின் பயனுறுதிறன் 88 சத வீதம். மோட்டாரின் சுமை திருக்க அளவு அதன் முழுச் சுமை திருக்க மதிப்பிற்கு 1·2 மடங்காக இருக்க வேண்டுமானால் :

(அ) 1·2 மீட்டர் சுழி ஆரம் (radius of gyration) கொண்ட சமனுருளையின் எடை.

(ஆ) உச்ச சுமையின்போது உள்ள குதிரைத்திறன் வெளிப் பாடு ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு

மோட்டாரின் முழுச்சுமை வேகம் = 675 சுற்றுகள்/நிமிடம். இந்த வேகம் மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேக மதிப்பிற்குச் சமீப மாக இருக்குமாதலால், தோராயமான மோட்டார் முனைகளின் அளவு.

$$= \frac{120f}{N} = \frac{120 \times 50}{675} = 8{\cdot}8$$

$\therefore$ மோட்டார் முனைகளின் எண்ணிக்கை = 8.

மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேகம் $= \frac{120 \times 50}{8}$

$= 750$ சுற்றுகள்/விநாடி.

முழுச்சுமையின்போது மோட்டாரின் உள்ளீட்டுத் திறன்.

$$= \frac{150 \times 735{\cdot}5}{0{\cdot}88}$$

$= 125,400$ வாட்கள்.

ஆனால் $= \frac{2\pi}{60} = \frac{\text{மோட்டார் சுழலியின் உள்ளீட்டுத்திறன்}}{\text{ஒத்தியங்கு வேகம் (சுற்றுகள்/நிமிடம்)}}$

அல்லது $T = \frac{60}{2\pi} \times \frac{\text{மோட்டாரின் உள்ளீட்டுத்திறன்}}{\text{ஒத்தியங்கு வேகம்.}}$

(∵ மோட்டார் நிலையியின் (stator) இழப்புகள் புறக்கணிக்கப்பட்டால் சுழலி உள்ளீட்டுத் திறன் = மோட்டார் உள்ளீட்டுத் திறன்).

$$= \frac{60}{2\pi} \times \frac{125,400}{750}$$

முழுச்சுமை திருக்கம் $= 1597$ நியூட்டன்-மீட்டர்.

மோட்டார் திருக்கம் $T_m = 1{\cdot}2 \times$ முழுச்சுமை திருக்கம்.

$= 1{\cdot}2 \times 1597 = 1916$ நியூட்டன்-மீட்டர்

$T_0 = 275$ நியூட்டன்-மீட்டர்.

மொத்த சுமைத் திருக்கம் $T_l = 2000$ நியூட்டன்-மீட்டர்.

நழுவல் வேகம் $= 750 - 675 = 75$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

நழுவல் கோண வேகம் $= 2\pi \times \frac{75}{60}$

$= 7{\cdot}852$ ரேடியன்/வினாடி.

$$K = \frac{\text{நழுவல் கோண வேகம் (ரேடியன்/வினாடி)}}{\text{இந்த நழுவலின்போதுள்ள திருக்கம் (கிலோகிராம்-மீட்டர்)}}$$

$$= \frac{7{\cdot}852}{1597/9{\cdot}81} = \frac{7{\cdot}852 \times 9{\cdot}81}{1597}$$

$= 0{\cdot}04822$

$$T_m = T_l - (T_l - T_0)\, e^{-\frac{g}{JK}t}$$

அல்லது $\frac{gt}{JK} = \log_e \frac{T_l - T_0}{T_l - T_m}$

$= 2 \cdot 303 \log_{10} \frac{2415 - 275}{2415 - 1916}$

$= 2 \cdot 303 \times \log_{10} 4 \cdot 28$

$= 2 \cdot 303 \times 0 \cdot 6314$

$= 1 \cdot 454.$

$J = \frac{gt}{K \times 1 \cdot 454} = \frac{9 \cdot 81 \times 10}{0 \cdot 04822 \times 1 \cdot 454}$

$=$ 1398 கிலோ கிராம்-மீட்டர்^{2}.

$\therefore\ J = W \times$ (சுழிஆரம்)^2.

$1398 = W \times (1 \cdot 2)^2$

$\therefore\ W = \frac{1398}{1 \cdot 44} = 970 \cdot 9$ கிலோ கிராம்.

(ஆ) மோட்டாரில் ஏற்படும் பெரும திருக்கம்

$= 1 \cdot 2 \times$ முழுச்சுமை திருக்கம்

$= 1 \cdot 2 \times 1597$ நியூட்டன்-மீட்டர்

$= 1916 \cdot 0$ நி. மீ.

நழுவல் கோண வேகம் $= K \times \frac{1916}{9 \cdot 81}$

$= 0 \cdot 04822 \times \frac{1916}{9 \cdot 81}$

நழுவல் வேகம் $= 0 \cdot 04822 \times \frac{1916}{9 \cdot 81} \times \frac{60}{2\pi}$

$= 90$ சுற்றுகள்/விநாடி.

உண்மையான வேகம் $= 750 - 90 = 660$ சுற்றுகள்/விநாடி.

குதிரைத்திறன் $= \frac{2\pi \times N(T)}{60 \times 735 \cdot 5}$

$= \frac{2\pi \times 660 \times 1916}{60 \times 735 \cdot 5}$

$= 178 \cdot 9$ குதிரைத்திறன்.

எடுத்துக்காட்டு 1-40 (அ).

50 சுற்றுகள்/விநாடி அலைவெண்ணுள், 8 முனைகளும் கொண்ட ஒரு தூண்டல் மோட்டார் சபனுருளையுடன் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. மோட்டார் 330 நியூட்டன் மீட்டர்கள் முழுச்சுமைத் திருக்கத்தினை வழங்கும்பொழுது அதன் நழுவல் 5% மாரு நிலையள வான 130 நியூட்டன் - மீட்டர்கள் சுமைத் திருக்கத் திறனையும், மிகுந்த இடைவேளைக்குப் பிறகு 400 நியூட்டன் மீட்டர்கள் அளவுள்ள கூடுதலான சுமைத் திருக்கத்திறனை 6 விநாடிகள் கால அளவுவரை இந்த மோட்டார் வழங்குகிறது. மோட்டாரின் திருக்கம், அதன் முழுச்சுமை திருக்கத்திற்கு மிகையாகாமலிருப் பதற்குத் தேவைப்படும் சபனுருளையின் நிலைமத் திருப்புத்திறன் என்ன? மோட்டார் திருக்கம், நழுவலுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருப்பதாகக் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக்கழகம் B. E. மார்ச்சு 1967)

தீர்வு

மோட்டார் திருக்கம் (T_m) அதன் முழுச்சுமை திருக்கத்திற்கு சமம்.

$$\therefore \quad T_m = 330 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்.}$$

$$= \frac{330}{9{\cdot}81} \text{ கிலோ கிராம்-மீட்டர் (கி. கி மீ.)}$$

சுமைதிருக்கம் $T_l = 130 + 400 = 530$ நியூட்டன்-மீட்டர்.

$$= \frac{530}{9{\cdot}81} \text{ கி. கி. மீ.}$$

மாரு நிலையான திருக்கம் $T_0 = 130$ நியூட்டன்-மீட்டர்

$$= \frac{130}{9{\cdot}81} \text{ கி கி.-மீ.}$$

மோட்டாரின் ஒத்தியங்கு வேகம் $= \dfrac{120f}{P} = \dfrac{120 \times 50}{8}$

$= 750$ சுற்றுகள்/நிமிடம்.

330 நியூட்டன் மீட்டர் முழுச்சுமை திருக்கத்தில் உள்ள

நழுவல் வேகம் $= \dfrac{750 \times 5}{100} = 37{\cdot}5$ சுற்றுகள்/நிமிடம்

நழுவல் கோண வேகம் $= \dfrac{2\pi \times 37{\cdot}5}{60}$ ரேடியன்/விநாடி

$= 3{\cdot}926$ ரேடியன்/விநாடி

330 நியூட்டன் மீட்டரில் (அல்லது $\frac{330}{9.81}$ கி. கி.-மீ) உள்ள நழுவல், திருக்கத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

$$K = \frac{\text{நழுவல் கோண வேகம் (அலகு ரேடியன்/வினாடி)}}{\text{திருக்கம (அலகு கிலோ கிராம-மீட்டர்)}}$$

$$= \frac{3{\cdot}926}{330/9{\cdot}81}$$

$$= \frac{3{\cdot}926 \times 9{\cdot}81}{330} = 0{\cdot}1168$$

$$T_m = T_l - (T_l - T_0)\, e^{-\frac{gt}{JK}}$$

$$\text{அல்லது} \; -\frac{gt}{JK} = \log_e \frac{T_l - T_m}{T_l - T_0}$$

$$\frac{gt}{JK} = \log_e \frac{T_l - T_0}{T_l - T_m}$$

$$= 2{\cdot}303 \log_{10} \frac{530 - 130}{530 - 330}$$

$$= 2{\cdot}303 \log_{10} 2 = 2{\cdot}303 \times 0{\cdot}301$$

$$= 0{\cdot}6933$$

$$J = \frac{gt}{0{\cdot}6933 \times K}$$

$$= \frac{9{\cdot}81 \times 6}{0{\cdot}6933 \times {\cdot}1168}$$

$$= 726{\cdot}9 \text{ கிலோ கிராம்-மீட்டர்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 1-40 (ஆ)

எடுத்துக்காட்டு 1-40 (அ)-ல் குறிப்பிட்டுள்ள கூடுதலான சுமையினை நீக்கிய பிறகு, மோட்டாரின் திருக்கம் 180 நியூட்டன் மீட்டர் அளவினை அடைவதற்குமுன் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தினைக் கணக்கிடுக. கூடுதலான மின்பளுவை எடுக்கும்பொழுதுள்ள மோட்டாரின் திருக்கம் $T_m' = 330$ நியூட்டன்-மீட்டர்.

$$T_m = 200 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்}$$

தீர்வு

மிகுந்த நேர இடைவெளிக்குப் பிறகுதான், கூடுதலான சுமை வருவதால், மோட்டார் திருக்கம், மாறு நிலையான சுமைத் திருக்க நிலை பெற்றிருக்கும். ஆகவே,

T_0 = 130 நியூட்டன்-மீட்டர்.

J = 726·9

K = 0·1168

$$T_m = T_0 + (T_m' - T_0)\, e^{-\frac{gt}{JK}}$$

அல்லது $-\frac{g}{JK}\, t = \log e \frac{(T_0 - T_m)}{(T_0 - T_m')}$

$$\frac{gt}{JK} = \log e \left(\frac{T_0 - T_m'}{T_0 - T_m}\right) = \log_e \left(\frac{T_m' - T_0}{T_m - T_0}\right)$$

$$= 2{\cdot}303 \log_{10} \left(\frac{330 - 130}{180 - 130}\right)$$

$$= 2{\cdot}303 \log_{10} 4 = 2{\cdot}303 \times 0{\cdot}6021$$

$$= 1{\cdot}387$$

$$t = \frac{JK}{g} \times 1{\cdot}387$$

$$= \frac{726{\cdot}9 \times 0{\cdot}1168}{9{\cdot}81} \times 1{\cdot}387$$

= 12 விநாடிகள்.

எடுத்துக்காட்டு 1-41.

10 முனை 50 சுற்றுகள்/விநாடி அலைவெண் கொண்ட ஒரு தூண்டல் மோட்டாரில் 500 கிலோகிராம் மீ² நிலைமத் திருப்புத் திறன் உள்ள சமனுருளை பொருத்தப்பட்டுள்ளது. 10 விநாடிகள் கால அளவுவரை உள்ள சுமை திருக்கம் 1000 நியூட்டன்-மீட்டர் சுமையில்லாத கால அளவு சமனுருளை தன் முழு வேகத்தினை மீண்டும் பெறுவதற்குப் போதுமான அளவில் நீண்ட இடைவேளை நேரம் கொண்டது. 500 நியூட்டன்-மீட்டர் திருக்கத்தில் மோட்டாரின் நழுவல் 5 சதவீதமென்றால் (i) மோட்டாரில்

உண்டான பெரும திருக்க அளவு (ii) வேக குறைவு கால அளவின் இறுதியில் உள்ள வேகம் முதலியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும். நழுவல், திருக்கத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருப்பதாகக் கொள்க.

தீர்வு

சுமைத் திருக்கம் $T_L = 1000$ நியூட்டன்-மீட்டர்

$$T_0 = 0$$

$$g = 9 \cdot 81$$

$$t = 10$$

$J = 800$ கி. கி-மீட்டர்^{2}.

ஒத்தியங்கு வேகம் $= \frac{120\, f}{P} = \frac{120 \times 50}{10} = 600$ சுற்றுகள்/நிமிடம்

நழுவல் வேகம் $= 600 \times \frac{5}{100} = 30$ சுற்றுகள்/நிமிடம்

நழுவல் கோண வேகம் $= 2\pi \times \frac{30}{60} = \pi$ ரேடியன்/விநாடி

$$\therefore \quad K = \frac{\pi}{500/9 \cdot 81} = \frac{9 \cdot 81 \times \pi}{500} = 0 \cdot 06163$$

$$T_m = T_l - (T_l - T_0)\, e^{-\frac{gt}{JK}}$$

$$\frac{gt}{JK} = \log_e \frac{T_l - T_0}{T_l - T_m}$$

$$= \log_e \frac{T_l}{T_l - T_m} \quad (\because \quad T_0 = 0)$$

$$2 \cdot 303 \log_{10} \frac{T_l}{T_l - T_m} = \frac{gt}{JK} = \frac{9 \cdot 81 \times 10}{800 \times 0 \cdot 06163}$$

$$\log_{10} \frac{T_e}{T_l - T_m} = \frac{1 \cdot 99}{2 \cdot 303} = 0 \cdot 864.$$

$$\therefore \quad \frac{T_l}{T_l - T_m} = 7 \cdot 311$$

$$\frac{1000}{1000 - T_m} = 7\cdot311$$

$$7311 - 7\cdot311\ T_m = 1000$$

$$T_m = \frac{6311}{7\cdot311} = 863\cdot2 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்.}$$

500 நியூட்டன் மீட்டரில் மோட்டாரின் நழுவல் = 5 சதவீதம்

$$\therefore\ 863\cdot2 \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad = \frac{863\cdot2}{500} \times 5$$

$$= 8\cdot632\%$$

$$\therefore \text{ நழுவல் வேகம்} = 600 \times \frac{8\cdot632}{100} = 51\cdot792 \text{ (அ)}$$

52 சுற்றுகள்/நிமிடம்.

∴ உண்மையான வேகம் = 600 − 52 = 548 சுற்றுகள்/நிமிடம்

1-3-13. அடக்க விலை (Cost)

மோட்டாரினை ஒரு குறிப்பிட்ட பணிக்குத் தேர்ந்தெடுப்பதில், அம் மோட்டாரின் அடக்க விலையும் ஒரு முக்கிய அம்சமாகும். மோட்டாரின் அடக்க விலை, அம் மோட்டாரின் முதலீட்டுத் தொகை, இயக்கும் தொகை ஆகிய இருவித தொகையினைப் பொறுத்திருக்கும். சிக்கனமான விலையுடைய மோட்டாரினை ஒரு பணிக்கு உகந்தது எனத் தேர்ந்தெடுத்து வாங்கினால், அதன் ஓராண்டுக்கான வட்டி, மதிப்பிறக்க விலை ஆகியவற்றில் சேமிப்பு இருக்கலாம். ஆனால், அம் மோட்டாரினை இயங்க வைப்பதினால் ஆகும் மின்னாற்றல் செலவு மிக அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே, குறிப்பிட்ட ஒரு பணிக்கு நிறைவுள்ளதாகத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டுமானால், அப் பணிக்காகச் செலவிடப்படும் எல்லாம் உள்ளிட்டமொத்த தொகை மிகச் சிறுமமாக இருக்க வேண்டும். அதே சமயத்தில் மோட்டாரின் சிறப்பியல்புகள், கூடுமானவரை மின் அமைப்பின் தேவைகளுக்குப் பொருந்துமாறு அமைய வேண்டும்.

நேர் மின்னோட்ட மோட்டாரின் சார்பு விலை அணிற் கூடு தூண்டல்மோட்டாரைப்போல் 1.5 முதல் 3 மடங்குவரை இருக்கும். இதர வகைத் தூண்டல் மோட்டார்கள். ஒத்தியங்கு மோட்டார்கள் (Commutator motors), ஆகியவற்றினையும் சாதாரண அணிற் கூடு மோட்டாருடன் ஒத்திட்டுப் பார்க்கும்பொழுது, அவற்றின் சார்பு விலை சுமார் 1.5 முதல் 4 மடங்கு வரை இருக்கும்.

1-3-14. குறிப்பிட்ட பணிகளுக்குத் தேவைப்படும் மோட்டார்கள்

மின் மோட்டார்களின் செயல் நிறைவேற்றத்தின் பல்வேறு பண்புகளைப் பற்றி முன்பு பார்த்தோம். சுமை தேவைக்கு ஏற்றவாறு பொருத்தமான சிறப்பியல்புகளைக் கொண்ட மோட்டார்களைத் தேர்ந்தெடுப்பது ஒரு முக்கிய பிரச்சினை ஆகும். குறிப்பிட்ட பணியில் உள்ள சுமையின் தேவைகளை நன்கு கண்டறிந்த பின் மோட்டாரின் வகையினைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். அதற்குப் பிறகு சுமைகளைத் தாங்குந் திறன் தேர்ந்தெடுக்கப்பட வேண்டும். இத் தாங்குந் திறனை இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று குறிப்பிட்ட பணிக்கான வெப்பநிலை உயர்வினைப் பொறுத்தது. மற்றொன்று உச்ச சுமையினை எவ்வித இடையூறு ஏற்படாக் காப்பு நிலையினை யுடையதாக இருக்க வேண்டும். வெவ்வேறு ஓட்டு பணிகளுக்குகந்ததாய்க் கருதிப் பரிந்துரைக்கப்படும் மோட்டார்களின் சிலவற்றைப் பற்றிப் பார்ப்போம்.

(1) பொதுவான தொழிலகங்களில் உள்ள ஓட்டுகள்

(அ) இழைப்புப் பொறி (Planing Machine)

இந்த அமைப்பில் வெட்டும் வீச்சு (cutting Stroke), திரும்பி வரும் வீச்சு (return Stroke) என இரு வீச்சுகள் உள்ளன. வெட்டும் பொழுது நிதானமாகவும், செயல் முடிந்ததும் விரைவில் திரும்பும்படியும் அமைக்கப்பட வேண்டும். பாரமான நிறையினைக் கொண்ட பொருளை முடுக்கிவிடப்பட வேண்டும்; வேகந் தணியச் வேண்டும் ஆகவே, அப் பணிக்குத் தேவைப்படும் மோட்டார் நேர் மின்னோட்ட கூட்டு மோட்டாராகும்

(ஆ) துளையிடும் கருவி (Punching Machine)

அழுத்தும் பொறி (presses) துளைப்புப் பொறி (shears) இந்த அமைப்புகளில் தடீரென பாரமானப் சுமைகளைப் பொருத்துவதால், நேர் மின்னோட்ட கூட்டு மோட்டார் அல்லது நழுவல்-வளையத் தூண்டல் மோட்டார் தேவைப்படுகிறது. மின் திறனில் மிகுந்த ஏற்ற காந்தம் ஏற்படுவதால் அம் மோட்டார்களுடன் சமன் உருளைப் பொருத்தபட வேண்டும்.

(இ) கடைசல் பொறி(Lathes): அரைப்புப் பொறி Milling Machine):

இத்தகைய கருவிகளுக்குக் குறைந்த அளவு தொடக்க திருக்கமும், மாறுநிலையான இயக்க வேகமும் தேவை. ஆகவே,

நேர் மின்னோட்ட கிளை புல மோட்டார் அல்லது அணிற் கூடு மோட்டார்களைப் பயன் படுத்தலாம். வெவ்வேறு உலோகங்களைத் துளையிட வேண்டுமானால் வெவ்வேறு மோட்டார் இயக்க வேகங்கள் தேவைப்படுகின்றன. ஆகவே, அப்படிப்பட்ட பணிகளுக்கு இரு ஜதை புலமாற்றுச் சுருணைகளையுடைய நிலையிகளைக் கொண்ட தூண்டல் மோட்டார்களைப் பயன்படுத்தினால், நான்கு சிக்கன வேகங்கள் கிடைக்கும்.

(ஈ) இறைப்பிகள் (Pumps)

நீர் வடிதலற்ற (Drip proof) முழுவதும் மூடப்பட்டுள்ள மேற்பரப்பு மூலம் குளிர்ச்சி பெறும் மோட்டார்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பொதுவான படுக்கைத் தகட்டின் மேல் பொருத்தப்பட்டு இறைப்பியுடன் நேரிடையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். சில சமயங்களில் மோட்டார் விளிம்புப் பட்டையுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இறைப்பியின் வேகம் மோட்டார் வேகத்திற்குள் இல்லையானால், "V" வடிவ வார்ப்பட்டையுடன் இணைக்கப்படும். மையவிலகு இறைப்பிக்குத் தேவைப்படும் தொடக்க திருக்கம் அதன் முழுச் சுமைத் திருக்கத்தில் 40 முதல் 45 சதவீதம் மாறி மாறி, எதிரியங்கு இறைப்பியில் (Reciprocating pump) தொடக்க திருக்கம் அதன் முழுச் சுமை திருக்கத்தில் 100 முதல் 200 சதவீதம் வரை இருக்கும். ஆகவே, அணிற் கூடு வகைத் தூண்டல் மோட்டாரினை மையவிலகு இறைப்பிக்கும், நழுவல் வளைய மோட்டாரினை எதிரியங்கும் இறைப்பிக்கும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

(2) (அ) நெசவு ஆலைகள்

நெசவு ஆலைகளில் உள்ள மோட்டார்கள், பஞ்சுத் துணிகள், ஈரம் முதலிய உள்ள சூழ்நிலைகளில் வேலை செய்ய வேண்டும். இம் மோட்டார்களின் தொடக்க திருக்கம் அதன் முழுத் திருக்கத்தில் சுமார் 2 முதல் 2½ மடங்கு இருக்கும். நெசவுத் தறி அதன் ஓய்வு நிலையிலிருந்து முழு வேகத்தினை அடைய அதனை விரைவில் முடுக்கி விடப்பட வேண்டும். பழுதில்லாத நல்ல தரமுள்ள சரக்கு கிடைக்க வேண்டுமானால், ஆரம்பத்தில் உள்ள நெசவின் விசை, அதற்கடுத்துவரும் நெசவு விசைக்கு இணையாக இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். ஆகவே, தொடக்க திருக்கம் உயர்ந்த அளவுடையதாய் இருக்க வேண்டும். மேலும், ஒரு நாளில் அநேக தடவைகள் நெசவுத் தறியினை மாறி மாறித் தொடக்கவும் நிறுத்தவும் வேண்டியிருக்கும். இப்படிச் செய்வதால் மோட்டாரைத் துவக்கும்பொழுது வெப்பநிலை உயர்வு அதிகரிக்கிறது. இக்

காரணத்தினால், மோட்டாரின் முழுத்திட்டவரை அளவில் குறைந்த அளவு வெப்பநிலை உயர்வினையுடைய மோட்டாரைத் தேர்ந்தெடுத்தால் போதுமானது. ஆகவே, நெசவு ஆலைப் பணிக்கு மோட்டாரின் பாகங்கள் முழுவதும் மூடும்படியான உள்ளடக்கத்தினை (Enclosure) உடையதாயும், மின் விசிறியினைக் கொண்டு குளிர்விக்கத்தக்கதாயும், உயர்ந்த அளவு திருக்கத்தினைக் கொண்டதுமான அணிற்கூடு வகைத் தூண்டல் மோட்டாரினைப் பயன்படுத்தலாம். ஈரமற்ற பகுதியாயிருந்து பஞ்சுத் துணிகளை மட்டும் நெய்யும் உலர்ந்த பகுதியாயிருந்தால் திரை காப்பிடப்பட்ட மோட்டார்களைப் பயன்படுத்தலாம்.

(ஆ) காகித ஆலைகள் (Paper Mills)

காகிதம் செய்ய தேவைப்படும் மூலப் பொருள்களான கந்தைகள், ஒருவகைப் புல், மரச் சக்கைகள் போன்றவற்றினை அடித்துத் தூளாக்கியபின் கரைபொருளினைக்கொண்டு கொதிக்க வைத்து, அழுக்குகளை நீக்கிக் கூழ்போல் ஆக்கப்படுகிறது. பிறகு இந்தக் கூழ் பொருளைத் தேக்கிவைக்கும் தொட்டிக்கு அனுப்பி, கூழ் பொருளைச் சல்லடை வடித்தட்டுகளின் வழியாகச் செலுத்தி பிறகு பின்னற் கம்பி வலையினையுடைய காகிதம் செய்யும் பொறியினை அடைந்து காகிதத் தகடுகளாக்கப்படுகிறது. அதற்குப் பிறகு காகிதத் தகடுகள் சூடான நிலையில் உள்ள அழுத்தும் உருளைகள் (Press rolls), உலர்த்தும் உருளைகள் (Drying rolls), படி உருளைகள் (Calenders), வழவழப்பாக்கும் உருளைகள் ஆகியவற்றின் வழியாகச் சென்று இறுதியில் காகிதத்தினை வாங்கிச் சுற்றும் சுழல்வட்டினை (reelers) அடைகிறது. ஆகவே, இப் பணிக்குத் தேவைப்படும் மோட்டார்கள் கீழ்க்கண்ட தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்ய வேண்டும்:

(i) வெவ்வேறு வகை காகிதங்களுக் கேற்றவாறு எல்லா உருளைகளிலும் அதற்கேற்ற வேக மாற்றத்தினைச் சரிசெய்யும்படி அமைக்க வேண்டும்.

(ii) காகிதம் கிழிந்து போகாமல் இருக்க, உருளைகளின் சார்பு வேகம் மாறா நிலையிலிருக்க வேண்டும்.

(iii) ஏதேனும் ஒருவகை உருளைகளின் தொகுப்பின் சார்பு வேகத்தினை தேவைப்படும்பொழுது மாற்றுந்திறன் வாய்ந்ததாயிருக்க வேண்டும். காகிதம் உலரும்பொழுது, அது நீட்சியுறுவதால் வேகமாறுபாடு ஏற்படுகிறது. இந்த மாறுபாடு 8 அல்லது 9 சதவீதத்திற்கு மிகையாகாமல் இருக்க வேண்டும்.

சிரேகி (schrage) மோட்டார்களைப் பயன்படுத்தி மேற்கூறப் பட்ட தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்யலாம். தலைமை சிரேகி மோட்டார் ஒத்தியங்கு மாறுதிசை மின்னுக்கியை இயக்கச் செய்து, மாறுபாடுடைய அலைவெண்கொண்ட மின்தருவி அமைப்பினை உண்டாக்குகிறது. ஒவ்வொரு பகுதிகளில் உள்ள ஒத்தியங்கு மோட்டார்களின் நிலையிகளுக்கு இப்படிப்பட்ட மாறுபடும் அலை கொண்ட மின்தருவாயிலிருந்து மின்திறன் வழங்கப்படுகிறது. பகுதி அமைப்புகளில் உள்ள ஒத்தியங்கு மோட்டார்களில் உள்ள நிலையியும், சுழலியும் தனித்தனியே இயங்கும் ஆற்றல் பெற்ற வைகள். முதன்மை ஒத்தியங்கு மோட்டாரின் நிலையி (stator) பகுதி மோட்டாரின் பிரஷ் பல்லிணை அமைப்பினைச் சுமக்கிறது. முதன்மை ஒத்தியங்கு மோட்டாரின் சுழலி, பகுதி - ஒத்தியங்கு மோட்டாரின் அருகில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கூம்பு-கப்பி ஓட்டம் (cone pulley drive) மூலம் பொறி வகையில் இயக்கப்படுகிறது. இப்படிப்பட்ட அமைப்பின் மூலம், காகித ஆலைப் பணிக்கான தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்ய முடிகிறது.

(2) (இ) உருள் ஆலைகள் (Rolling mills)

இப் பணிக்கான தேவைகள் : (1) உயர் சுமையினையுடையது. (2) அதிகமான தொடக்க திருக்கம் தேவைப்படுகிறது. (3) மோட்டார்கள், அலைபாயும் ஏற்ற இறக்கச் சுமைகளுக்கு ஏற்ப ஈடுகொடுத்துத் தாங்கும் சுற்றலுடையனவாயிருக்க வேண்டும்.

நீண்ட கால அளவு இடை நேரத்தில் மின் சுமையினைத் தாங்கும், மாறுநிலை வேகத் தொடர் உருள் ஆலைகளை இயக்க ஒத்தியங்கு மோட்டாரினைப் பயன்படுத்தலாம். ஒத்தியங்கு மோட்டாரில் சமனுருளையைப் பொருத்த முடியாது, ஆகையால் மோட்டாரே முழுச் சுமையினையும் தாங்க வேண்டும். குறை வேகங்களில், தூண்டல் மோட்டார்களைக் காட்டிலும் சிக்கன முறையில் ஒத்தியங்கு மோட்டார்களைத் தயாரிக்கலாம். மேலும், இந்த அமைப்பின் மூலம் மின்திறன் காரணி தேவையான அளவுக்குச் சரிசெய்து கொள்ளலாம். உயர் குதிரைத் திறனுக்கு இவ்வகையினைப் பயன்படுத்தலாம்.

வேகத்தினைச் சரிசெய்ய வேண்டிய அவசியமில்லாத உருள் ஆலைகளில், சமனுருளுடன் பொருத்தப்பட்ட, நழுவல் வளைய வகை தூண்டல் மோட்டார்களைப் பயன்படுத்தலாம். இப்படிப் பட்ட அமைப்பில், திரவ தடை மாற்றியினைக் கொண்டு,

மோட்டாரினைத் துவக்குவதற்கும், நழுவல் வேகத்தினைக் கட்டுப் படுத்துவதற்கும் உபயோகிக்கலாம். சமனுருளை பொருத்தப்பட்ட நேர் மின்னோட்ட கூட்டு மோட்டாரினையும் இந்த வகைப் பணி களுக்குப் பயன்படுத்தலாம்.

(3) அச்சுப் பொறி (Printing Press)

எல்லா அச்சகங்களிலும் மாறுபாடுடைய வேக அமைப்பு கொண்ட மோட்டார் தேவைப்படுகிறது. ஆகவே, சுழலி - தடை மாற்றி அமைப்பு கொண்ட நழுவல் வளைய வகை தூண்டல் மோட்டார் இப்பணிக்கு உகந்தது. மிகவும் அதிகமான வேக மாறுபாடு தேவைப்பட்டால் மாறு திசை, மின்னோட்ட திசை மாற்றும் இயக்கியினையோ (A. C Commutator Motor) (அ) நேர் மின்னோட்ட கூட்டு மோட்டாரினை யோ உபயோகிக்கலாம். இந்த வகைப் பணிக்குத் திரை காப்பிட்ட (Screen Protected) மோட்டார் சிறந்தது.

(4) சுரங்கங்கள் (Mines)

சுரங்கங்களில் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார்களின் பகுதிகளை மூடப்படும் பொருள் தீச்சுடர் காப்புப் பொருளாலானதாயிருக்க வேண்டும். சுரங்க சுழலி ஏற்ற மின் பொறிக்கு, வேகத்தினைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கும் மின் முறை, நிறுத்தியினைக் கொண்டு நிறுத்துவதற்கும் ஆன அமைப்பு தேவை. வார்டு லியோனார்டு இலிக்னர் அமைப்பு, ஒரு சிறந்த பயனுள்ள ஓட்டு (drive) ஆகும். நேர் மின்னோட்ட தடைமாற்றி நிறுத்தி அமைப்புடன் கொண்ட நழுவல் வளைய வகைத் தூண்டல் மோட்டாரினையும் பயன் படுத்தலாம்

(5) (அ) ஏந்திகளும் பளுதாங்கிகளும் (Cranes and hoists)

இப் பணிகளுக்கான தேவைகள் : (i) அடிக்கடி தொடக்கியும் திருப்பி இயக்கவும் செய்ய வேண்டும். (ii) முழுச் சுமையுள்ள போது தொடங்க வேண்டும். (iii) இடைவிட்ட பணி வகை யினைச் சார்ந்தது. (iv) நல்ல திறம் வாய்ந்த நிறுத்தி அமைப்பும் இருக்க வேண்டும்.

மாறுதிசை, நழுவல் வளைய வகை தூண்டல் மோட்டார் இப் பணிக்கு உகந்தது. சுழலியில் உள்ள தடை மாற்றியின் மூலம் வேகக் கட்டுப்பாட்டினைப் பெறலாம். மின்தடை நிறுத்தியினைக் கொண்டு, ஏந்தியினைக் குறிப்பிட்ட தூரத்தில் தடுத்து நிறுத்தலாம்.

எஃகு உருள் ஆலைகளில் உள்ள ஏந்திகளில் தொடர்புல அல்லது கூட்டுப் புலவகை நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்கள் பயன்படுத்தப்படும். ஏனெனில், இத்தகைய மோட்டார்களில் உயர்தர தொடக்க திருக்கமும், சீருடைய வேகக் கட்டுப்பாடும் கிடைக்கின்றன. மின்முறை தடை மாற்றியினைக் கொண்டு, இம் மோட்டாரினை இலகுவில் தடுத்து நிறுத்தலாம்.

(5) (ஆ) தூக்குங் கருவி (Lifts)

இக் கருவி தளங்களுக்கு இடையே ஏற்ற இறக்கங்களுக்குரிய தாதலால, உயர்நத சீருடைய முடுக்கமும், உயர் ஒடுக்கமும் தேவைப்படுகிறது. ஆகவே, மோட்டார் மின்னகம் கூடியவரை இலேசான எடையுடையதாயிருக்க வேண்டும். தொடக்கத்தில் முடுக்க திருக்கம் அதன் முழுச்சுமைத் திருக்கத்தினைப்போல் 2 முதல் 2·5 மடங்குகளாக இருக்கும். இம் மோட்டார் உயர்மிகைச் சுமையினைத் தாங்கும் திறனுடையதாயிருக்க வேண்டும். மோட்டாரின் பெரும திருக்க அளவு மிகவும் அதிகமாயிருக்க வேண்டும். அமைதியாக இயங்க வேண்டும். இப் பணிக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார்கள் பொதுவாக ஒரு மணித் திட்டவரை அளவினையுடையதாகவே இருக்கும். மணி கால அளவில் சுமார் 150 முதல் 180 தடவை மோட்டாரினைத் தொடக்கவேண்டியிருக்கும். நழுவல் வளைய வகைத் தூண்டல் மோட்டார், அல்லது நேர்மின்னோட்ட கூட்டுப்புல மோட்டாரினைப் பயன்படுத்தலாம். புலமாற்றி இயங்கவல்ல இரு வேகங்களைக் கொண்ட அணிற்கூடு தூண்டல் மோட்டார் (அல்லது) மாறுதிசை மின்னோட்ட திசைபோக்கு மாற்றி மோட்டார்களையும் (A. C. commutator motor) பயன்படுத்தலாம்.

வீட்டில் பயன்படுத்தப்படும் மின்கருவிகள் :

தையல் பொறி, துணி துவைக்கும் பொறி, குளிர்ப்பதனப் பெட்டி, கலவைப்பொறி போன்ற வீட்டுப் பணிகளுக்குத் தேவைப்படும் கருவிகளை இயக்க, சிறிய முழுநிறை தொடர்புல மோட்டார் (universal series motor) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கலத்தினை முன்னோக்கிச் செலுத்துதல் (Ship Propulsion)

நீராவி உருளி (diesel turbine) அல்லது டீசல் பொறி (diesel engine) போன்ற முதன்மை இயக்கிகள் (prime movers) கப்பலின் இயக்க உறுப்பின் இருசினை (propeller shaft) நேரிடையாகவோ அல்லது குறைப்புப் பல்லிணைப்பு மூலமாகவோ, இயக்குவதற்குப் பதிலாக நேர்மின்னோட்ட அல்லது மாறுதிசை மின்னோட்ட

மின்னாக்கியை இயக்கச் செய்கிறது. இந்த மின்னாக்கி, அதே இருசுடன் இணைக்கப்பட்ட மோட்டாரினை இயக்குவிக்கிறது.

மின் முறை உந்து விசையின் தனிச் சிறப்புகள்

(i) கப்பலின் இயக்கு உறுப்பு, முதன்மை இயக்கி, ஆகியவற்றின் வேகங்கள் : முதன்மை இயக்கி, கப்பலின் இயக்கு உறுப்பு ஆகியவற்றைத் தனித்தனி வேகங்களில் ஓட்டுவிக்கலாம். இதனால் முதன்மை இயக்கிகளை அவற்றின் மிகவும் சிக்கனமான வேகத்தில் (economical speed) ஓட்டுவிக்க முடிகிறது. கப்பலின் இயக்கு உறுப்பின் சிக்கன வேகம் 100 முதல் 200 சுற்றுகள்/நிமிடம். ஆனால் முதன்மை இயக்கிகளாகிய நீராவி-உருளை, டீசல் பொறி ஆகியவற்றின் சிக்கன வேகம் முறையே சுமார் 3000 சுற்றுகள்/நிமிடம், 400 முதல் 800 சுற்றுகள்/ஆகும். குறைந்த வேகமுடைய கப்பலின் இயக்கு உறுப்பினை மோட்டாருடன் நேரிடையாக இணைத்தால், தேவைப்படும் மோட்டாரின் திட்டவரை (rating) மிகப் பெரியதாயிருக்கும்.

(ii) குறை வேகங்களில் உள்ள சிக்கனம்: கப்பலில் எப்பொழுதும் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட முதன்மை இயக்கிகளைப் பயன்படுத்துவர். இவற்றின் ஏதேனும் ஒருவகை முதன்மை - இயக்கியின் மூலம், கப்பலின் இயக்கு உறுப்பு மோட்டார்களுக்கு மின்திறன் வழங்கப்படுகிறது. கப்பல் சுற்றுப் பயணத்தின் பொழுது பெரும்பான்மையான தூரங்களில் அதன் திட்டவரை அளவில் பாதி அளவு வேகத்தில்தான் கப்பல் செல்கிறது. குறிப்பாகப் போர்க் கப்பல்களில் சிக்கன எல்லை வேகம் (cruising speed) அதன் பெருமத் தாக்குதல் வேகத்தில் பாதி அளவே இருக்கும். அப்படிபட்ட குறைந்த வேகங்களில் செல்லும் பொழுது ஒரு சில முதன்மை இயக்குப் பொறிகளை மட்டும் பயன் படுத்தி, கப்பலின் எல்லா இயக்கு உறுப்பு மோட்டார்களுக்கும் மின் திறனை வழங்கி, பயன் திறனை அதிகரிக்கச் செய்யலாம்.

(iii சிக்கன திட்ட அமைப்பும் முதன்மை இயக்கிகளின் இயக்கமும்: முதன்மை இயக்கிகளில் எவ்வித மாறுதலுமின்றி மோட்டார்களின் வேகக் கட்டுப்பாட்டினையும், திசை மாற்றத்தினையும் எளிதாகச் செய்வதுடன் தேவையான இடத்திலிருந்து இயக்கவும் முடிகின்றது. மேலும் முதன்மை இயககிகள் ஒரே திசையில் நிலையான வேகத்தில் இயங்கிகொண்டிருக்கும். மிகவும் சிக்கலான அமைப்புடன் கூடிய பெரிய துணைக் கருவிகளைக்கொண்ட நீராவி உருளிகளின் திசையினை மாற்றிக் கப்பலைத் திருப்பச் செய்வதற்குப் பதிலாக, மேற்கூறிய மின்முறை உந்து விசை அமைப்பினைப் பயன்படுத்தினால் சிக்கன முறையில் செய்யலாம்.

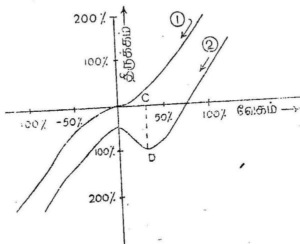
(iv) கட்டுப்பாட்டுத் தன்மையின் எளிமை

மின் முறை உந்து விசை பணிப் பிரிவு (layout) அமைப்பு எளிமையானது. எளிதில் மேற்கொள்ளத்தக்கது. எல்லாக் கட்டுப்பாடுகளும் மின்முறையினாலானதால், தேவையான இடத்திலிருந்து இயக்க முடிகிறது. மேலும், முதன்மை இயக்கி கப்பலின் இயக்கு-உறுப்பின் இருசுடன் பொருத்தப்படாதிருப்பதால், இந்த பணிப் பிரிவு (layout) அமைப்பில் உள்ள எல்லா சாதனங்களும் எளிதில் மேற்கொள்ளத் தக்கவண்ணம் அமைந்துள்ளன.

கப்பலின் இயக்கு உறுப்புச் சுமையின் சிறப்பியல்புகள்

கப்பலைத் திருப்பும்பொழுதுதான் அதில் உள்ள மோட்டார்கள் அதிகச் சுமையினைத் தாங்க வேண்டியிருக்கின்றன. கப்பல் ஓய்வு நிலைக்கு வருவதற்கு முன் அதனுடைய உயர்ந்த நிலைமத்தினால் (inertia), வெகுதூரம் செல்கிறது. இக் கால அளவில், நீர், கப்பலின் இயக்கு-உறுப்பின்மேல், திருக்கத்தினை உண்டு பண்ணி, அந்த இயக்கு உறுப்பினை இயல்பான (முன்னோக்கிச் செல்லும்) திசையில் சுழலச் செய்கிறது. ஆகவே இயக்கு உறுப்பின் திசையினை மாற்ற, மோட்டாரின் திருப்ப திருக்கம் இந்த அளவினை விட அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

படம் 1-54-ல் ஓர் உருமாதிரியான (typical) கப்பலின் இயக்கு உறுப்பின் வேக திருக்க வளைகோடு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. வளைகோடு (1) கப்பலின் அசையா நிலையில் இருக்கும்பொழுது



படம் 1-54.

கப்பலின் இயக்கு உறுப்பின் வேக திருக்க வளை கோடு

வளை கோடு (1 — கப்பல் நிலையாய் இருக்கும்பொழுது

வளைகோடு (2) — கப்பல் முழு வேகத்தில் முன்னோக்கிச் செல்லும்பொழுது.

திருப்பினால் ஏற்படும் வேகத் திருக்கத்தினைக் குறிக்கும். வளைகோடு (2)-ல் கப்பல் முழு வேகத்தில் முன்னோக்கிச் சென்று கொண்டிருக்கும்போது கப்பலைத் திருப்பினால் ஏற்படும் வேக-திருக்கத்தினைக் குறிக்கிறது. மேற்குறிப்பிட்ட இரண்டினுள் வளைகோடு (2) மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. மோட்டார்களின் திசையினைத் திருப்பியமையச் செய்வதற்கு முன் அதனை மின் தொடர்பிலிருந்து அறுபடச் செய்தால் திருக்கம் சுழி மதிப்பினை அடைகிறது. (1) என்னும் புள்ளி இதனைக் குறிக்கிறது. கப்பலின் நிலைமம் கப்பலின் இயக்குஉறுப்பினை அதன் முழு வேகத்தில் 70% சதவீத அளவில் இயச்குகிறது. இயக்கு உறுப்பின் வேகத்தை இதற்கும் குறைத்தால் நீர் இந்த இயக்கு உறுப்பின் மேல் திருக்கத்தினை உண்டுபண்ணி அதன் வேகத்தினை முழு வேகத்தில் 70% இருக்கும் படிச் செய்கிறது. இந்த அளவினை அச்சு தூரம் *CD* குறிக்கிறது. ஆகவே இயக்கு உறுப்பின் வேகத்தினைக் குறைக்க, மோட்டார் இந்தஅளவைவிட அதிகமான திருப்ப - திருக்கத்தினை வெளிப்படுத்த வேண்டும். அதாவது கிட்டத்தட்ட முழுச்சுமைத் திருக்கத்தினை அதன் முழு அளவில் 35% வேகத்திலும், அசையா நிலையில் முழுதிருக்க அளவில் 40% திருக்கமும் (2) உண்டாக்க வேண்டும். மோட்டார் கப்பலினைத் திருப்ப இத்தகைய திருக்கங்களை உண்டு பண்ணும். கப்பலின் வேகம் சிறு மதிப்பினையடையுமவரை இயக்கு உறுப்பில் மாற்றம் செய்ய முடியாது.

கலத்தினை முன்னோக்கிச் செலுத்தத் தேவைப்படும் ஓட்டுகள் இரு வகை. ஒன்று உருளை - மின் ஓட்டு (turbo electric drive); மற்றொன்று டீசல்-மின்-ஓட்டு (diesel electric drive).

உருளை மின் ஓட்டு

3000 குதிரைத்திறனும் அதற்கு மேற்பட்ட திறன் அளவுகள் கொண்ட பெரிய கப்பல்களில் நீராவி உருளைகளை முதன்மை — இயக்கிகளாகப் பயன்படுத்தி மூவந்தி மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் (alternators) இயக்குவிக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் உள்ள மின் முறை ஓட்டுகள் மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்கள் அல்லது ஒத்தியங்கு மோட்டார்கள் கொண்டதாக இருக்கும். மின்னோட்ட அளவு குறைவாக இருக்க இதன் மின்னழுத்தம் 2·2 முதல் 6·6 கிலோ வோல்ட்வரை இருக்கும்.

தூண்டல் மோட்டாரில் வேகத்தின் ஒரு பகுதி அளவு, வழங்கப்படும் மின்னழுத்த அளவினைக் குறைத்தும், மறு பகுதி அளவினை அலை எண்ணினை மாற்றியும், கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. மின் கருவியின் உந்தி வரிசையினை (phase sequence) மாற்றுவதன் மூலம், இம் மோட்டாரில் திசை மாற்றம் செய்யப்படுகிறது.

இரு சிக்கன வேகங்களைத் தரவல்ல, முனை மாற்றல் முறையினைப் (pole changing method) பயன்படுத்தியும், போர்க் கப்பல்களில் உள்ள தூண்டல் மோட்டாரின் வேகம் மாற்றப்படுகிறது. சுழலிச் சுற்றதரில் மின் தடையினை இணைத்தும் இம் மோட்டார் வேகத்தினை மாற்றலாம். கப்பலின இயக்கு உறுப்புடன் நேரிடையாக இணைக்கப்பட்டிருப்பதாலும் குறைவான வேகத்தில் தூண்டல் மோட்டார் இயக்கப்படுவதாலும், அதன் மின் திறன் காரணி 0·7 முதல் 0·75 வரை இருக்கும்.

ஒத்தியங்கு மோட்டார்கள்

மிகுந்த தொடக்க திருக்கத்தினையும், திருப்பு திருக்கத்தினையும் பெறுவதன் பொருட்டு, ஒத்தியங்கு மோட்டாரில், பாரமான முனை—முகச் சுருணைகள் (heavy pole - fcae windings) பொருத்தப் பட்டுள்ளன. தூண்டல் மோட்டாரினைக் காட்டிலும், இதனுடைய மேன்மை என்னவெனில், இம் மோட்டாரின் மின் திறன் காரணியின் மதிப்பு 1-0 ஆக இருக்கும். இதனால் மின்னேக்கியின் திடட வரைத் திறனும் மின் கம்பி வடத்தின் குறுக்களவுப் பரப்பும் குறைந்து, முதலீட்டின் கொள்விலை அளவினைக் குறைக்கிறது. உருளையின் (Turbine) வேகத்தினை அதன் இயல்பான வேகத்தில் 20% முதல் 110% வரை மாற்றுவதன் மூலம் இம் மோட்டாரின் வேகத்தினையும் மாற்றலாம்.

டீசல்-மின்-கருவி

வியாபாரக் கப்பல்கள், பயணப் படகு போன்ற சிறிய கப்பல்களை இயக்குவதற்கு நேர் மின்னேட்ட மோட்டார்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இதில் பயன்படுத்தப்படும் முதன்மை இயக்கி டீசல் பொறியாகும். வார்டு-லியோனர்டு முறையினைப் பயன்படுத்தி வேகக் கட்டுப்பாடு செய்யப்படுகிறது. மின் கருவியின் மின்னழுத்தம் சுமார் 650 வோல்ட்கள்.

வினாக்கள் 1-4.

1-1. மின்முறை ஓட்டுகளின் மேன்மைகளைப் பற்றிக் கூறுக.

1-2 தொகுப்பு ஓட்டு, தனிப்பட்ட ஓட்டு ஆகியவற்றின் மேன்மைகளையும் குறைகளையும் எடுத்துக் கூறுக.

1-3. குறிப்பிட்ட தொழிலியல் பணிக்காக மோட்டார்களைத் தேர்ந்தெடுக்கப்படும் முறையினைப்பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறுக.

1-4. கீழ்க்கண்ட மோட்டார்களின் ஓடும் முறை சிறப்பியல்புகளைப் பற்றிக் கூறி, அவைகள் எங்கெங்கே பயன்படுகின்றன என்பதை விளக்குக.

(அ) நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார்.

(ஆ) அணிற்கூடு தூண்டல் மோட்டார்.

(இ) நழுவல் வளைய தூண்டல் மோட்டார்.

1-5. நேர் மின்னோட்ட மோட்டார், தூண்டல் மோட்டார் ஆகியவற்றிற்குப் பயன்படுத்தப்படும் பல்வேறு வகை வேகக் கட்டுப்பாட்டினைப் பற்றி விளக்குக.

1-6. வார்டு லியோனார்டு முறை (Ward Leon rd method) வேகக் கட்டுபாட்டினைப் பற்றிக் கூறு. இந்த முறை எங்கே பயன் படுத்தப்படுகிறது என்பதனைக் குறிப்பிடுக. இந்த அமைப்பின் நன்மை தீமைகள் யாவை?

1-7. மின் முறை நிறுத்தங்களின் மேன்மைகள் யாவை?

1-8. நேர் மின்னோட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மோட்டார் களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் பல்வேறு வகையான மின் முறை நிறுத்திகளைப் பற்றி விரிவாகக் கூறவும்.

1-9. நேர் மின்னோட்ட மோட்டார், மாறுதிசை மின்னோட்ட மோட்டார் ஆகியவற்றைச் செருகல் முறையில் எப்படித் தடுத்து நிறுத்தலாம் என்பதனை விவரி.

1-10. ஒரு கிளைபுல மோட்டாரின் தொடக்க இயங்கு ஆற்றல் (kinetic energy) ம ஜூல்கள். இது, புறக்கணிக்கப்படும் அள வுடைய பொறிச் சுமையுடன் இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது செருகல் முறையில் அதனை நிறுத்தி ஓய்வு நிலைக்குக் கொணரப் படுகிறது என்றால், இந்த நிகழ்ச்சியில் ஏற்படும் மின்னுற்றலிழப் பினை மதிப்பிடுக.

1-11. தொழிலியல் பணிக்குத் தகுந்த நிறுத்திகள் அமைப் பதற்குத் தேவைப்படும் பொதுவான அம்சங்கள் யாவை?

1-12. தூண்டல் மோட்டாருக்குப் பயன்படுத்தப்படும் பல்லிணைக் கட்டுப்பாட்டமைப்பினையும் (control gear), பாதுகாப்பு முறையினையும் பற்றி விவரமாகக் கூறவும்.

1-13. மோட்டாரினை ஒரு குறிப்பிட்ட பணிக்குத் தேர்ந் தெடுப்பதில், கீழ்க்கண்டவற்றின் சிறப்புகள் யாவை?

(i) அடைப்பு வகைகள் (ii) தாங்கிகள் (iii ஓட்டுகளின் செலுத்தம் (transmision of drive) (iv) இரைச்சல்

1-14. குறிப்பிட்ட நேரத்தில் உள்ள மோட்டாரின் இயக்க கால அளவில் உள்ள தொடர்பினைத் தருவிக்கவும்.

1-15. மோட்டார் சுமையுடன் இருக்கும்பொழுது, அதன் பெரும வெப்ப நிலையினை அடைய முடியாததற்கான காரணங்களைக் கூறுக.

1-16. இடைவிட்ட சுமைகளுக்கான (intermittent loads) மோட்டாரினைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் உள்ள முக்கிய நோக்கங்கள் யாவை?

1-17. மோட்டாரின் குறுகிய காலதிட்ட வரையினை எப்படித் தீர்மானிப்பது என்பதனை விவரி.

1-18. மோட்டாரினை அதன் ஓய்வு நிலைக்கு கொண்டு வர (i) எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம், (ii) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் வாய்பாட்டினைத் தருவிக்க

1-19. சுமை சமன்படுத்துதல் என்றால் என்ன? அதன் மேன்மைகளைத் தகுந்த எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்குக.

1-20. தொழிலக ஓட்டு முறைகளுக்குத் தகுந்த மோட்டார்களைத் தேர்ந்தெடுக்கப்படுவதில் கவனிக்க வேண்டிய முக்கிய நோக்கங்கள் யாவை?

1-21. கீழ்க்கண்ட அமைப்புகளில் உள்ள ஓட்டுகளுக்குத் தேவைப்படும் மோட்டார்களின் வகையினைக் குறிப்பிடுக.

(i) நெசவு ஆலைகள். (ii) உருள் ஆலைகள். (iii) காகித ஆலைகள். (iv) பளுதூக்கும் பொறிகள் (Hoists). (v) மைய விலகு இறைப்பி. (vi) மின்முறை தூக்கும் பொறி (Electric lift) (vii) துளையிடும் பொறி (viii) அச்சுப் பொறி.

மேற் குறிப்பிட்ட பணிகளுக்குத் தேர்ந்தெடுத்த மோட்டார் சரியெனத் தக்க காரணங்களுடன் விளக்கிக் காட்டுக.

1-22. மின்முறை உந்து விசையின் (Electric propulsion) மேன்மைகள் யாவை? இந்த அமைப்புக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார்களின் வகையினைக் குறிப்பிடுக.

1·23. மின்முறை ஒட்டுகளுக்குத் தேவைப்படும் தனிச் சிறப்பியல்புகளை விளக்கி கூறுக. கப்பலினை முன்னேக்கி ஏவுவதற்கான கட்டுப்பாட்டு அமைப்பைப்பற்றி விளக்குக.

பயிற்சிகள் (Exercises) 1-5.

(1) ஒரு 500 வோல்டு நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டாரின் மின்னகத்தின் தடை 0·2 ஓம். அது 500 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் சுழலும்பொழுது எடுத்துக்கொள்ளும் மின்னோட்ட அளவு 50 ஆம்பியர்கள். மோட்டாரின் முழுச்சுமை அளவு 150 ஆம்பியர்களானல் அதன் முழுச்சுமை வேகத்தினைக் கீழ்க் கண்ட நிலைமைகளில் கண்டுபிடிக்கவும்.

(அ) காந்தப் பாய்வு மாரு நிலையிலிருக்கிறது.

(ஆ) மின்னக எதிர் வினையினல் காந்தப் பாய்வின் அளவு 10 சதவீதம் குறைகிறது.

[விடை: (அ) 480 சுற்றுகள்/நிமிடம்

(ஆ) 533 சுற்றுகள்/நிமிடம்]

(2) 500 வோல்டு நேர் மின்னோட்ட மின் தருவியுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு தொடர்புல மோட்டாரின் சுமை மின்னோட்டம் 120 ஆம்பியர்களாக இருக்கும்பொழுது அதன் வேகம் 800 சுற்றுகள்/நிமிடம். மோட்டாரின் மின்தடை 0·15 ஓம். இதில் 0·04 ஓம் புலச் சுருணையின் மின்தடை. காந்தப் புலம் தெவிட்டு நிலையினை அடையாது என எடுத்துக்கொண்டு, மோட்டாரின் திருக்கம் அதன் முழுச் சுமையில் பாதி அளவாக இருக்கும்பொழுது, அதன் வேகத்தினைக் கணக்கிடுக. வழி திருப்பி மின் தடை 0·08 ஓம், புலச் சுருணைக்கு இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. (A.M.I.E - B பிரிவு மே 1966)

[விடை: 1400 சுற்றுகள்/நிமிடம்.]

(3) ஒரு நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டார். ஒரு மின் விசிறியினை 300 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் இயக்குகிறது. இந்த விசிறியினை 400 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் இயக்க வேண்டுமானல் மோட்டாருக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம், மின்னோட்ட அளவு ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும். காந்தப்பாய்வு, புல

மின்னோட்டத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருப்பதாகவும், திருக்கம் மோட்டார் வேகத்தின் மூன்று மடி அளவுக்கு நேர்விகிதத்திலிருப்பதாகவும் எடுத்துக்கொள்.

[விடை: 13·34 ஆம்பியர் 734·8 வோல்டு]

(4) 25 குதிரைத்திறன், 500 வோல்டு, 4 முனை, 50 சுற்றுகள்/விநாடி கொண்ட ஓர் அணிற்கூடு தூண்டல் மோட்டார் 33 ஆம்பியர்கள் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக்கொள்ளும் பொழுது ஏற்படும் நழுவல் 4 சத வீதம். நிலையியின் சுருணையின் மறிப்பு (impedance) 3 5 ஓம்/உந்தி. இந்த மோட்டாரினைக் கீழ்க்கண்ட வகைகளில் துவக்கினால், மின் தருவியினின்று பெறும் தொடக்க மின்னோட்ட அளவினையும், தொடக்க திருக்கத்தினையும் கண்டு பிடிக்கவும்.

(அ) நேரிடை இணைப்புத் தொடக்கம்

(ஆ) முக்கிளை முக்கோணத் தொடக்கம்

(இ) ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றித் தொடக்கம்.

(மடையின் அளவு 70%)

[விடை: (அ) 24·8 ஆம்பியர் 274·5 நி. மீ.

(ஆ) 8·25 ஆம்பியர் 91·67 நி. மீ.

(இ) 121·24 ஆம்பியர் 135·1 நி. மீ.]

(5) 25 குதிரைத்திறன், 220 வோல்டு நேர்மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார் 600 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடும்பொழுது செருகல் முறையில் நிறுத்த வேண்டும். மோட்டாரின் மின்னோட்டத்தினை 130 ஆம்பியருக்குட்படுத்த வேண்டுமானால், அதனுடன் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்படும். மின் தடையின் அளவினை மதிப்பிடுக. ஆரம்பத்தில் உள்ள முன்முறை நிறுத்தி திருக்கத் திறன் அளவு என்ன? மோட்டாரின் வேகம் அதன் முழுவேகத்தில் பாதி அளவினை அடையும் போதிருக்கும் நிறுத்தத்திருக்க அளவு என்ன? மோட்டார் மின்னகத்தின் தடை 0·1 ஓம் மின்னக முழுச் சுமை மின்னோட்டம் 95 ஆம்பியர்கள்.

(A. M. I. E. 1962)

[விடை: 3·212 ஓம், 331·8 நி. மீ; 302 நி. மீ.]

(6) ஒரு நழுவல் வளைய தூண்டல் மோட்டார்ச் சுழலியின் மின் தடை 0·2 ஓம்/உந்தி. இது முழுச் சுமையில் 960 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடுகிறது. முழுச்சுமை திருக்க அளவில் 800 சுற்றுகள்/நிமிட அளவுக்கு மோட்டாரின் வேகத்தினைக் குறைக்க வேண்டுமானால், சுழலி தடைமாற்றியின் தோராயமான மின் தடை/உந்தி அளவினைக் கணக்கிடுக.

(A. M. I. E. பிரிவு B, மே 1959)

[விடை 0·8 ஓம்]

(7) 440 வோல்டு, 25 குதிரைத் திறன், 500 சுற்றுகள்/நிமிடம் கொண்ட ஒரு நேர் மின்னோட்ட கிளைபுல மோட்டார், அதன் முழுச் சுமையின்போது 50 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக் கொள்கிறது. இந்த மோட்டாரினை, முழுச்சுமைத் திருக்கத்திற்கு எதிரிடையாக, அதன் திட்டவரை வேகத்திற்கு முடுக்கிவிட எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தினைக் கணக்கிடுக. தொடக்க கால அளவில் மோட்டாரின் மின்னோட்டம் அதன் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்தில் 1 முதல் 1·5 மடங்கு வரை வேறுபடுகிறது. சுழலும் அமைப்பின் நிலைமைத் திருப்பு திறன் 125 கிலோகிராம்-மீட்டர்^{2}. [விடை: 14·2 விநாடிகள்]

(8) 12 குதிரைத் திறன் கொண்டதும் முழு அமைப்பு உடையதுமான ஒரு மோட்டாரின் வெளிப்புற பரப்பு 65 செ.மீ. விட்டமும், 1 மீட்டர் நீளமும் கொண்ட ஓர் உருளைக்கு இணையானது மோட்டாரின் எடை 400 கிலோ கிராம். வெப்ப எண் 700 ஜூல்/கிலோ கிராம்/சென்டிகிரேடு. வெளிப்புற மேற்பரப்பின் வெப்பச் சிதறல் வீதம் 12·5 வாட்கள்/ச.மீ. சென்டி கிரேடு. மோட்டார் முழுச் சுமையில் 90 சதவித பயனுறு திறத்துடன் இயங்கும்பொழுது உண்டாகும் இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு, வெப்ப மாறிலி ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(A. M. I. E. மே 1966)

[விடை: 38·46 சென்டிகிரேடு, 3·05 மணிகள்]

(9) 120 நிமிட வெப்ப மாறிலியினைக் (thermal constant) கொண்ட ஒரு மோட்டார் முழுச்சுமையில் தொடர்ச்சியாக ஓடிக் கொண்டிருக்கும் எடையும் இறுதி வெப்பநிலை உயர்வு 40° சென்டி கிரேடு என்றால், ஒரு மணி நேரத்திற்குப் பிறகு மோட்டாரில்

ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு என்ன? இதில் பயன்படுத்தப்படும் வாய்பாட்டினைத் தருவிக்க.

(A. M. I. E. மின்னாற்றலின் பயன்-நவம்பர் 1973)

[விடை: 15·74°C]

(10) ஒரு மோட்டாரின் அரை மணி திட்டவரை அளவு 50 குதிரைத்திறன். இதன் வெப்ப நேர மாறிலி 90 நிமிடங்கள், மோட்டாரின் பெரும பயனுறு திறன், அதன் முழுச் சுமையின் 70 சதவீதத்தில் ஏற்படுகிறதென்றால், அந்த மோட்டாரின் தொடர் திட்ட வரை அளவினைக் கண்டுபிடி.

[விடை: 23 குதிரைத்திறன்)

(11) 500 சுற்றுகள்/நிமிட வேகத்தில் ஓடும் ஒத்தியங்கு மோட்டாரும் அதனுடைய சுமையும் சேர்ந்து மொத்தம் 420 கிலோ கிராம்-மீட்டர்^{2} நிலைமத் திருப்ப திறனையும், 140 நியூட்டன் மீட்டர் உராய்வு திருக்க திறனையும் கொண்டது. இந்த மோட்டாரினைத் தடை மாற்றி நிறுத்தியின் மூலம் நிறுத்தினால் கிடைக்கும் தொடக்க மின்-நிறுத்தி திருக்கம் 5400 நியூட்டன் - மீட்டர்கள், என்றால் மோட்டாரினை அதன் ஓய்வு நிலைக்குக் கொணர எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தினைக் கண்டுபிடிக்கவும். நிறுத்தல் கால அளவில் புல மின்னோட்டமும், நிறுத்தல் மின்னோட்டமும் மாறா நிலையில் இருக்கின்றன.

(A.M.I.E. மே 1966)

[விடை: 15 வினாடிகள்]

(12) கீழ்க்கண்ட பணி சுழற்சியினையுடைய சுமைக்கு மின் திறன் வழங்க வேண்டும்:

25 குதிரைத்திறன்	10 நிமிடங்கள்
15 குதிரைத்திறன்	5 நிமிடங்கள்
சுமையில்லாத நேரம்	5 நிமிடங்கள்
5 குதிரைத்திறன்	10 நிமிடங்கள்

மேற்குறிப்பிட்ட சுமை சுழற்சி வரம்பிலா அளவுக்கு திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கிறதென்றால், இப் பணிக்கு உகந்த மோட்டாரின் தொடர் திட்டவரைத் திறனை மதிப்பிடுக.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் *BE* ஜனவரி 1966)

[விடை: 16 H. P.]

(13) ஓர் உருள் ஆலை மாறா நிலையான 275 நியூட்டன்-மீட்டர் சுமை திருக்கத் திறனையும், மிகுந்த இடைவேளைக்குப் புறகு, 10 வினாடிகள் கால அளவில் 2000 நியூட்டன்-மீட்டர் கூடுதலான சுமை திருக்கத்திறனையும் கொண்டது. இதற்கான தூண்டல் மோட்டார் 150 குதிரைத்திறன், 400 வோல்ட்டு, மூவுந்தி (three phase) 50 சுற்றுகள்/வினாடி அலைவெண்ணைக் கொண்டது. இந்த மோட்டாரின் முழுச்சுமை வேகம் 675 சுற்றுகள்/நிமிடம். மோட்டாரின் சுமை திருக்கம் முழுச்சுமை திருக்க மதிப்பிறகு மிகையாகாமல் இருக்க வேண்டுமானால், மோட்டாரின் நிலைமத்திருப்பு திறனைக் கண்டுபிடிக்கவும். மோட்டாரின் பயனுறுதிறன் 90 சத வீதமெனக் கொள்க.

[விடை: 1932 கி. கிராம்-மீட்டர் ^{2}]

(14) 100 குதிரைத்திறன் (பிரிட்டிஷ்) கொண்ட நழுவல் வளைய தூண்டல் மோட்டார் ஓராண்டுக் கால அளவில், அதன் முழுச்சுமை அளவில் 1000 மணிகள் வரையிலும், முழுச்சுமையின் பாதி அளவில் 1000 மணிகள் வரையிலும் இயங்க வேண்டும். மிகுதியான கால அளவில் அது இயக்கமின்றி இருக்கும்.

'A' என்னும் நிறுவனம் முழுச்சுமையில் 87 சத வீத பயனுறு திறனும், முழுச்சுமையின் பாதி அளவில் 85 சத வீதமும் பயனுறு திறனும் கொண்ட மோட்டாரினை வழங்க முன் வருகிறது. ஆனால், 'B' என்னும் நிறுவனம் முழுச்சுமையில் 89 சத வீத பயனுறு திறனும், முழுச்சுமையில் பாதி அளவில் 85 சத வீத பயனுறு திறனும் கொண்ட மோட்டாரினை வழங்க முன் வருகிறது. மின்னாற்றலின் செலவு 5 பைசா/யூனிட்டு; வருடத்திய மதிப்பிறக்கம் (depreciation) 12·5%. நிறுவனம் A, இந்த மின்திறனை கொண்ட மோட்டாரினை ரூபாய் 12,000-க்குக் கொடுக்க முன் வருகிறதென்றால் நிறுவனம் B யிடமிருந்து இந்த மோட்டாரினை வாங்க வேண்டுமானால் சிக்கனமாகக் கொடுக்கப்பட வேண்டிய பெரும விலை என்ன?

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. ஜனவரி 1965)

[விடை: 12712, ரூபாய்]

2. மின் முறை இழுப்பு

(ELECTRIC TRACTION)

2-1. இழுப்பு முறைகள் (Traction Systems)

இழுப்பு முறைகளை (i) மின்னாற்றலற்றவை, (ii) மின்னாற்றல் கொண்டவை என இருவகைப்படுத்தலாம். நீராவி இயந்திர ஓட்டு (steam engine drive), உட்தகன இயந்திர ஓட்டு (internal combustion engine drive) முதலியவை மின்னாற்றலின் உதவியின்றி இயங்குபவை, டீசல் மின் ஓட்டு, (Diesel electric drive), மின்கல மின் ஓட்டு (battery electric drive). மின் ஓட்டு (electric drive) போன்றவை மின்னாற்றலினால் இயங்குபவை.

2.-1-1. நீராவி இயந்திர ஓட்டு

இம்முறை பழமையானதானாலும், நம் நாட்டில் இன்றும் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகிறது. இம் முறையின் தலைசிறந்த சிறப்பியல்புகளாவன :

(1) அமைப்பு எளிமையானது.

(2) நம்பத்தக்க இயக்கமுடையவை.

(3) பராமரிப்பு (maintenance) எளிதானது.

(4) வேகத்தை எளிதாகக் கட்டுப்படுத்தலாம்.

(5) நன்கு அமைக்கப்பட்ட இயந்திரக் கொதிகலத்தினை (boiler) யுடையதாய் இருந்தால், அதிக சுமையைத் தாங்கக் கூடிய வல்லமை வாய்ந்ததாக இருக்கும்.

(6) இது தன்னிறைவு பெற்று (self contained unit) விளங்குவதால் மின்தொடர்கம்பி போன்றவற்றுடன் மின்தொடர்பிருக்கும்படி இருப்புப் பாதையினை (track) இணைக்கப்பட வேண்டிய அவசியமில்லை.

(7) தொலைத் தொடர்புக் கம்பிக்கு (telecommunication) எவ்வித இடையூறும் விளைவிக்காது.

(8) மின் முறையில் இயக்கம் இல்லாததினால் தொடக்கச் செலவு மிகக் குறைவு.

இம் முறையின் குறைகள்

(1) வெப்ப பயனுறுதிறன் (thermal efficiency) மிகக் குறைவு. [நீராவி உள்ளூரியங்கும் பொறியின் (steam locomotive) சராசரி பயனுறுதிறன் 57%. ஆனால் மின் முறை உள்ளூரியங்கும் பொறியின் (electric locomotive drive) பயனுறு திறன் 40 - 42%]

(2) போதிய ஊட்டு நீர் (feed water), நிலக்கரி அடிக்கடி தேவைப்படுகின்றன. எனவே நீர், நிலக்கரி போன்றவற்றை நிரப்பிக் கொள்வதற்கும், கொதிகல அடுப்பின் அடித்தட்டில் விழும் சாம்பலை அகற்றுவதற்கும் ஆங்காங்கே இரயில் வண்டி நீண்டநேரம் நிறுத்த வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது.

(3) நீராவி உள்ளூரியங்கும் பொறி, தேவையான அளவு நிலக்கரியையும் நீரையும் சுமந்து செல்வதால், இழுக்கப்படும் வருவாய்ச் சுமை (pay load) யைக் குறைக்க வேண்டியுள்ளது. அதாவது இரயில் வண்டியின் எடை குறையக் குறைய வருவாய்ச் சுமைக்கும் (pay load) முழு மொத்தமான சுமைக்கும் (gross load) உள்ள விகிதம் அதிகமாகிறது. இக் காரணத்தினால் டீசல் தொடர் வண்டி, கிளைப்பாதை (branch line), இணைப்புப் பாதைகளில் (shunting services) பயன்படுத்தப்படும் நீராவி வண்டியை விடச் சிறந்து விளங்குகின்றன.

(4) இதனுடைய ஓட்டுப் பண்பு அல்லது பசை குணகம் (coefficient of adhesion) மிகவும் குறைவு. அதாவது 0·25 ஆகும். மின் தொடர் வண்டி ஓட்டு முறையில் கிடைக்கும் அளவைவிட 0·4) குறைவானது. குறைந்த ஓட்டுப் பண்புடையதால் எடை திறன் விகிதம் (weight-power ratio) அதிகமாகிறது. எடுத்துக்காட்டாக நீராவி உள்ளூரியங்கும் பொறியின் (steam locomotive) எடை திறன் விகிதம் 80 கிலோ கிராம்/குதிரைத் திறன். ஆனால் மின் முறை உள்ளூரியங்கும் பொறியின் எடை திறனின் விகிதம் 45 கிலோகிராம்/குதிரைத் திறன். எனவே, நீராவி உள்ளூரியங்கும் பொறிக்கு அதிகமான அச்சுச் சுமை (axle load) தேவைப்படுகிறது, அல்லது அது அதிக எண்ணிக்கை

யுடைய இணைப்புச் சக்கரங்களைப் (coupled wheels) பெற்றிருக்க வேண்டும்.

(5) நீராவி உள்ளுரியங்கும் பொறியில் கொதிகலம் (boiler) இருப்பதால், புவியீர்ப்பு மையம் அதிகமாக இருக்கும். எனவே, இக்கட்டான வளைவுகளில் இரயில் வண்டி செல்லும் பொழுது இரயில் நிறையின் புவியீர்ப்பு மையத்தில் ஏற்படும் மைய விலக்கு (centrifugal force) யினால் உண்டாகும் திருப்பு திறன் (turning moment) இரயில் வண்டி வேகத்தைக் குறைக்கிறது.

(6) நீராவி இயந்திரத்தில் மாறிமாறி எதிரெதிரியங்கும் நிறைகள் (reciprocating masses) சமன் பாடற்றிருப்பதால் இரயில் வண்டி ஆட்டத்துடன் செல்லுவதோடு மட்டுமல்லாமல், இருப்புப் பாதையில் அதிக தேய்வும் ஏற்படுகிறது.

(7) நீராவி வண்டித் தொடரில் வேலை செய்யும் ஆட்களின் எண்ணிக்கை மின் வண்டித் தொடரில் வேலை செய்யும் ஆட்களின் எண்ணிக்கையைவிட அதிகம். எனவே, நீராவி வண்டித் தொடரில் வேலை செய்யும் பணியாட்களின் சம்பளச் செலவு அதிகமாகிறது.

(8) நீராவி உள்ளுரியங்கும் பொறிப்பணி (services) தூய்மையாய் இருப்பதில்லை. ஏனெனில் கரி, தூசி, தீயால் கரியாக் கப்பட்ட பொருள் (cinder), சாம்பல் முதலியவைகள் படிந்து அசுத்தமாக்கப்படுகிறது.

(9) நீராவி வண்டித் தொடரின் பழுதுபார்க்கும் செலவு மிக அதிகம். குறிப்பாகக் கொதிகலன்களில் செப்பனிடும் செலவு மிகையானது.

(10) அடுப்பைச் சுத்தம் செய்தல், நீர்ப்பிடித்தல், பழுது பார்த்தல் போன்ற பணிகளுக்கு அதிக இடம் தேவைப்படுகிறது, இதனை நோக்கும் பொழுது இரண்டு டீசல் வண்டித் தொடர் மூன்று நீராவித் தொடர் வண்டிக்கு இணையாகக் கொள்ளலாம்.

(11) விலையுயர்ந்ததும், விரிவானதுமான துணைக் (auxiliary) கருவிகளாகிய திருப்பு மேசை (turn table) நிலக்கரி எடுக்கும் பாரந்தூக்கும் பொறி (crane), சாம்பல், தீயினால் கருகிய பொருள் படியும் இடத்தைச் சுத்தி செய்யும் குழிகள் (pits), நீராவி இயந் திரத்திற்கு நீர் வழங்கும் குழாய்கள் ஆகியவற்றைப் பொருத்த விசாலமான இடம் தேவை.

(12) பெரிய அளவான தொழுவங்களும், தொழிற்சாலைகளும் நீராவி இயந்திரத்திற்குத் தேவையானவை.

(13) ஓட்டுப்பண்பு மிகக் குறைவாக இருப்பதால், நீராவி இயந்திரத்தின் முடுக்கமும், எதிர்முடுக்கமும் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே, நீராவி இயந்திரம் நகருக்குரிய அல்லது புறநகருக்குரிய (urban or suburban) பணிகளுக்கு உகந்தவை அல்ல. ஏனெனில், இரு இரயில் நிலையங்களுக்கிடையே உள்ள தூரம் குறைவு. மேலும், செங்குத்தான (steep gradient) சரிவுடைய பகுதிகளில் மிகுதியான சுமையை இழுப்பதற்கும் உகந்தவை அல்ல.

(14) புகை, புழுதி படிந்து அசுத்தமாவதால், நீராவி இயந்திரத்தைப் பாதாள இருப்புப் பாதைகளுக்குப் (under ground railways) பயன்படுத்துவதில்லை.

அட்டவணை 2-1.

	இழுப்பு வகைகள்	பயனுறுதிறன்
1.	நீராவி உள்ளூரியங்கும் பொறி (Steam locomotive)	5-7%
2.	வளி-உருளி மின்வகை உள்ளூரியங்கும் பொறி (Gas turbine electric locomotive)	10%
3.	டீசல் மின் வகை உள்ளூரியங்கும் பொறி (Diesel electric locomotive)	20%
4.	அனல் மின்திறன் கருவியினலான உள்ளூரியங்கும் பொறி (Thermal electric power plant)	34-36%
5.	நீர் மின்திறன் கருவியினலான உள்ளூரியங்கும் பொறி (Electric loco with hydro electric power plant)	40-42%

2-1-2. உட்தகன இயந்திர ஓட்டு (Internal Combustion Engine drive)

இம் முறை பெரும்பாலும் பெருஞ்சாலைப் போக்குவரத்துக்குப் பயன்படுகிறது. இம் முறையின் முக்கிய அனுகூலங்கள் : (i) மிகக் குறைந்த முதலீடு போதுமானது. (ii) நெளிவு, வளைவு உடைய பாதையில் செல்லத் தக்கவை. இம் முறையின் முக்கிய பிரதி-

கூலங்கள் (disadvantages) : (i) இது தாங்கிச் செல்லும் (over load) அளவும் குறைவு. (ii) இயல்பான வேகத்தைத் தவிர்த்து, மற்ற வேகங்களில் இயக்குவித்தால் சிக்கனமாக இராது. (iii) பல்லிணைப் பெட்டியின் (gear box) மூலமாகத்தான் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். (iv) பராமரிப்புச் செலவு அதிகம். (v) ஆயுட் காலம் குறைவு. (vi) தேவைப்படும் எரிபொருள் நெய்யினை (fuel oil) இறக்குமதி செய்ய வேண்டும்.

2-1-3. மின் ஓட்டு (Electric drive)

மின் ஓட்டு முறையில் உண்டாகும் நன்மைகள் :

(1) தூய்மை :

புகை இல்லாததினால், மின்முறை இழுப்பு பாதாளம் (underground), குழாய் (tube) ஆகிய இருப்புப் பாதைப் பணிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. புகை, தீப்பொறி ஆகியவை இல்லாததினால் மின் ஓட்டு அதிக பாதுகாப்பாகஇ ருப்பதோடு மட்டுமல்லாமல், கட்டிடங்கள், கருவிகள் ஆகியவைகள் புகையின் அரிப்புத் தன்மையினால் சேதமுறாமல் இருக்கவும்ஏதுவாகிறது.

(2) மிகையான தொடக்க திருக்கம் (High Starting Torque)

தொடக்கத் திருக்கம் அதிகமாக இருப்பதால், மிகையான முடுக்கம் முறையே 1·5-யிலிருந்து 2·5 கிலோ-மீட்டர்/மணி/வினாடி வரை கிடைக்கிறது. நீராவி இயந்திரத்தின் முடுக்கம் 0·6யிலிருந்து 0·8 கிலோ-மீட்டர்/மணி வினாடி ஆகும். இதனை நோக்கும்பொழுது மின்சார வண்டியின் முடுக்கம் மிகுந்துள்ளது. எனவே, பட்டியல் வேகம் (schedule speed) அதிகமாகிறது. மின் போக்குவரவுத் துறையில் பயணம் செய்வோரின் எண்ணிக்கை (traffic handling capacity) நீராவி என்ஜினைப்போல் கிட்டத்தட்ட இரு மடங்கு இருக்கும். மிகையான பட்டியல் வேகம் (schedule speed) கிடைப்பதாலும், அதிகமான போக்குவரவு இருப்பதாலும், குறுகிய இடைத் தூரமுள்ள நிலையங்களை அமைக்க ஏதுவாகிறது. ஆகவே, நகர்ப் பணிக்கு (urban service) மின் ஓட்டுமுறை சிறந்தது.

(3) எளிதில் இயங்க வல்லது (Flexibility of operation)

நகரங்களிலும், புற நகரங்களிலும் ஓடும் இரயில் வண்டிகளில் காலையிலும் மாலையிலும் ஏராளமான பயணிகள் மிக்க நெருக்கத்துடன் பயணம் செய்வர். அதாவது போக்குவரவு அடர்த்தி (Traffic density) அதிகம். ஆனால், நடுப் பகலில் பயணம்

செய்பவர்களின் எண்ணிக்கை மிகக் குறைவு. (அதாவது போக்கு வரவு அடர்த்தி குறைவு). எனவே போக்குவரவு அடர்த்தியினைப் பொறுத்து, இரயில் வண்டித் தொடரின் நீளத்தைக் கூட்டியோ அல்லது குறைக்கவோ முடியும்.

(4) பராமரிப்பு அல்லது பேணுதல் (Maintenance)

இதனுடைய பராமரிப்புச் செலவு, நீராவி இயந்திரத்தின் பராமரிப்புச் செலவில் பாதியளவே இருக்கும். மேலும், எடுத்துக் கொள்ளும் பராமரிப்பு – நேரமும் குறைவு.

(5) தொடக்க நேரம் (Starting time)

நீராவித் தொடர் வண்டியைச் சூடுபடுத்துவதற்கே கிட்டத் தட்ட இரண்டு மணி நேரம் எடுக்கும். ஆனால், மின் முறைத் தொடர் வண்டியை எந்த நேரத்திலும் எப்பொழுது வேண்டு மானாலும் தொடக்கலாம்.

(6) நிறுத்தம் (Braking)

மீள் ஆக்க நிறுத்தம் (Regenerctive braking) : மின்முறைத் தொடர் வண்டிக்குப் பயன்படுத்தலாம். இதனால் கிடைக்கும் அனுகூலங்களாவன :

(அ) இரயில் வண்டி ஒரு சரிவில் ஏறும்பொழுது செல்வழிக் கப்படும் மின்னுற்றலில் 80 சத வீத அளவினை இரயில்வண்டி அச் சரிவில் இறங்கும்பொழுது மீண்டும் பெறலாம்:

(ஆ) சரிவில் செல்லும் சாமான்களைச் சுமந்து செல்லும் சரக்கு-வண்டி (goods) பாதுகாப்பாகவும் வேகமாகவும் செல்ல முடியும்.

(இ) நிறுத்தும் கட்டைகள் (brake shoes), சக்கரங்கள், உருளிப்பட்டைகள் (tyres), இருப்புப்பாதைகள் போன்றவற்றிற்கு, தேய்வு குறைவாய் இருப்பதால், பராமரிப்புச் செலவும் குறைகிறது.

(7) சமன்பாடற்ற விசைகள் இல்லை

நீராவி இயந்திரத்தில் மாறி மாறி எதிரியங்கும் நிறைகள் (rec.procating masses) சமன்பாடற்றிருப்பதால், ஒட்டும் பண்பு குறைகிறது. மின்முறை வண்டியில் இத்தகைய அமைப்பு இல்லை யாதலால், ஒட்டுப்பண்பு (co - efficient of adhesion) அதிகமாக இருக்கிறது. இதனால் இரயில் வண்டியின் எடைக்கும் அதன்

குதிரைத்திறனுக்கும் உள்ள விகிதம் குறைவதுடன், வண்டி மிகுந்த ஆட்டமின்றி செல்லுகிறது. மேலும், இருப்புப் பாதையின் தேய்வும் குறைகிறது.

(8) உயர்தர நிலக்கரிச் சேமிப்பு

நீராவி இயந்திர வண்டிக்குத் தேவையானது உயர்தர நிலக்கரி. ஆனால், மின்முறை இழுப்புக்குத் தேவையான மின் ஆற்றல் நீர்மின் நிலையங்கள் அல்லது மட்டரக நிலக்கரியைப் பயன்படுத்தும் அனல் மின்நிலையங்கள் முதலியவற்றிலிருந்து பெறலாம். இதனால் தாதுப்பொருள்களிலிருந்து உலோகத்தைப் பிரித்தெடுக்கும் பணிக்கு உயர்தர நிலக்கரியை நிறையப் பயன் படுத்த ஏதுவாகும்.

குறைகள் : (i) தொடக்கச் செலவு அதிகமாகத் தேவைப்படும். (ii) மின்தருவி அமைப்பில் ஏதேனும் பழுது ஏற்பட்டால், இந்த அமைப்பு பாதிக்கப்படும் (iii) தலைமிசைக் கம்பியிலிருந்து வரும் கசிவு மின்னோட்டம் (leakage current), தண்டவாள இருப்புப் பாதையில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி போன்றவற்றின் அளவுகள் ஒழுங்குமுறை விதிகளுக்குட்பட்டிருக்க வேண்டும். (iv) மாறுதிசை மின்னோட்ட இழுப்புப் பணி அமைப்பில், இருப்புப் பாதைக்கு இணையாகச் செல்லும் செய்தியறிவிப்புக் கம்பிகளில் குறுக்கீடுகளை விளைவிக்கும். இவற்றினைத் தவிர்க்கத் தக்க பாது காப்பு தேவை (v) மின்வசதி அமைக்கப்பட்டுள்ள இடங்களில் தான் இத்தகைய மின்முறை ஓட்டு உகந்ததாயிருக்கும் (vi) நீராவி உள்ளூரியங்கும் பொறிகளில், நீராவியினைக் கொண்டே வண்டிப் பெட்டிகளைச் சூடுபடுத்தலாம். ஆனால், மின்முறை ஓட்டுகளில் கூடுதலான செலவில்தான் வண்டிப்பெட்டிகளைச் சூடுபடுத்த முடியும் (vii) மீளாக்க நிறுத்தல் அமைப்புக்குக் கூடுதலான துணைக் கருவிகள் தேவை.

டீசல் மின் ஓட்டு அமைப்பு (Diesel Electric System)

இந்த அமைப்பில், இழுப்பு மோட்டார்களுக்குத் தேவைப்படும் மின்திறன், டீசல் பொறியினால் (diesel engine) இயக்கப்படும் நேர்மின்னோட்ட மின்னாக்கியினின்று பெறப்படுகிறது. டீசல் மின்ஓட்டு முறையில், இந்த மின்திறன் அமைப்பு அதன் உள்ளூரியங்கும் பொறியிலேயே (locomotivc) இருப்பதால், மின்முறை ஓட்டுவிற்குத் தேவைப்படும் துணைமின் நிலையங்கள், தலைமிசைக் கம்பிகள் போன்றவை அமைக்கப்பட வேண்டிய அவசியமில்லை. மின்வசதி அமைப்பதினால் ஏற்படும் பொருட்

செலவினைத் தேவையற்றதாக்குகிறது. அதாவது நீராவி உள்ளுரியங்கும் பொறிக்குப் பயன்படுத்தப்படும் அதே இருப்புப் பாதையினை, எந்தவித மாறுபாடின்றி இப்படியே பயன்படுத்தலாம். நான்கு வகையான டீசல் மின்ஓட்டு அமைப்புக்ளான : (i) 200 குதிரைத்திறனும், 160 கி. மீ/மணி வேகமும் கொண்ட டீசல்-மின் உள்ளுரியங்கும் பொறியினை முக்கிய பாதைப் பணிகளுக்குப் (mainline services) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. (ii) கிளை பாதைப் பணிகளுக்கு (shuntline services), 300 முதல் 500 குதிரைத் திறனும் 25 முதல் 50 கி. மீ/மணி வேகமுங் கொண்ட உள்ளுரியங்கும் பொறிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (3) பல்பெட்டிகளடங்கிய தனித் தொகுப்புக்கு (multiple unit) 180 முதல் 200 குதிரைத் திறனும் 80 முதல் 110 கிலோ-மீட்டர் மணி வேகமும் கொண்ட உள்ளுரியங்கும் பொறிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (iv) டீசல், மின் இருப்புப்பாதை கார்வண்டிக்குத் (Diesel electric rail car) தேவைப்படும் குதிரைத் திறன் 100 முதல் 600 வரை இருக்கும்.

2-2. மின்முறை இழுப்பு அமைப்புகளின் வகைகள்

மின்முறை இழுப்புப் பணிக்குக் கீழ்க்கண்ட வகைகளில் மின் வசதி அமைக்கப்படுகிறது:

(1) நேர் மின்னோட்ட அமைப்பு.

(2) ஓருந்தி (single phase) மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பு.

(3) மூவுந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பு.

(4) கூட்டு அமைப்பு (cmposite system).

நேர் மின்னோட்ட அமைப்பு

நகர்ப்பணிகளுக்கான மின்முறை இழுப்பு 600 முதல் 750 வோல்ட்டு மின் தருவியினைப் பயன்படுத்தித்தான் நம் நாட்டில் முதலில் மின்முறை இழுப்புப்பணி தொடக்கப்பணி தொடக்கப் பட்டது; புறநகர்ப் பணிக்கும், தலையாய இருப்புப்பாதைப் (main line) பணிகளுக்கும் 1500 முதல் 3000 வோல்ட்டு மின்தருவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. துணை மின் நிலையங்களிலிருந்து இரயில் வண்டிக்கான மின்திறன் பெறப்படுகிறது. நகர்ப்பணி, புறநகர்ப் பணிக்குத் தேவைப்படும் துணை மின் நிலையங்கள் 3 கிமீ. முதல் 5 கிமீ. வரை அமைக்கப்படும். இத்துணை மின் நிலையங்களுக் கான மின்திறன் உயர் மின்னழுத்த மூவுந்தி (three phase) மின்

தொடரிலிருந்து பெறப்படுகிறது. இந்த உயர் மின்னழுத்த மாறு திசை மின்னோட்டத்தினைத் துணை நிலையங்களில் உள்ள தாழ் வடுக்கு மின்மாற்றி (step down transformer) மூலம் குறைந்த மின்னழுத்தத்திற்குக் கொணர்ந்த பிறகு, சுழல் போக்கு நிவர்த்திப்பானைக் (Rotary convertor) கொண்டோ அல்லது பாதரச வில் நிவர்த்திப்பான் (mercury arc rectifier) மூலமாகவோ, தேவையான நேர் மின்னோட்ட மின்னழுத்த அளவுக்கு மாற்றி அமைக்கப்படுகிறது. எடுத்துக் காட்டாக சென்னையிலுள்ள புறநகாப் பகுதியாகிய சென்னை கடற்கரை முதல் தாம்பரம வரையில் உள்ள இருப்புப் பாதைப் பணிக்கு 1931ஆம் ஆண்டில் 1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட மின்திறன் அமைப்பின் மூலம் மின் வசதி அளிக்கப்பட்டது. இதற்கான மூன்று துணை மின் நிலையங்கள் முறையே எழும்பூர், மீனம்பாக்கம், தாம்பரம் ஆகிய இடங்களில் அமைக்கப்பட்டன. இத்துணை மின் நிலையங்கள் தமிழ்நாடு மின்வாரியத்திடமிருந்து 5000 வோல்ட்டு மூவுந்தி மாறு திசை மின்னோட்டத்தினைப் பெற்று தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி பாதரச வில் நிவர்த்திப்பான் ஆகியவற்றினைப் பயன் படுத்தி, எழுப்புப் பணிக்குத் தேவையான 1500 V. நேர் மின்னோட்டம் வழங்கப்பட்டது. இயக்கப்படும் மின்னழுத்தம் 3000 வோல்ட்டு அளவில் இருதால், துணை மின் நிலையங்களை 10 கிமீ. முதல் 30 கிமீ. வரையிலுள்ள இடைவெளி தூரத்தில் அமைத்து. தலையாய இருப்புப் பாதைப் பணிகளுக்குப் பயன்படுத்தலாம்.

இந்த அமைப்பின் முக்கியமான மேன்மை என்னவெனில், நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் சிறப்பியல்புகள் குறிப்பாக புறநகர் அல்லது நகர் இழுப்புப் பணிக்கு உகந்தவாறு பெரிதும் பொருந்தியிருப்பதே. இந்த அமைப்பின் குறை என்ன வெனில், துணை மின் நிலையங்கள், தரை மின்னோட்டங்களைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கான எதிர்-நிரப்பிகள் (negative boosters) போன்றவைகள் நிறுவப்படுவதால், அதிகமான அடக்க விலையாகிறது.

ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பு

இந்த அமைப்பின் மூலம், மின்வசதி அளிக்கப்படும் இடம் சுமார் 30 கிமீ. ஆரமுடைய தூரத்தில் இருந்தால், இந்த அமைப்புக்கான மின்னாற்றலைத் தலையாய மின்னாக்கி நிலையத்தி லிருந்து (generating station) பெறலாம். நீண்ட தொலைவு தூரம் கொண்ட இடங்களுக்கு, மின்னாற்றலினை வழங்கும் உயர் மின் னழுத்த மின் தொடர்களிலிருந்து, துணை நிலையங்களுக்கு மின்

வசதி அளிக்கப்படும். 15,000 வோல்ட்டு முதல் 25,000 வோல்ட்டு வரையிலுள்ள மின்னழுத்தமும், $16\frac{2}{3}$, அல்லது 25 அல்லது 50 ஹெர்ட்சு (hertz) அலை வெண்ணும் கொண்ட மின்திறன் அமைப்பிலிருந்து, மின்திறனைப் பெற்று உள்ளூரியங்கும் பொறியில் (locomotive) உள்ள மின் மாற்றி மூலம் தாழ்மின்னழுத்த அளவாகிய 300 முதல் 400 வோல்ட்டு வரைக்குக் குறைத்து, ஒருந்தி மாறுதிசை தொடர்புல மோட்டார்களுக்கு வழங்கப்படுகிறது. இம்முறை தலையாய-இருப்புப் பாதைப் பணிக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

மூவுந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பு

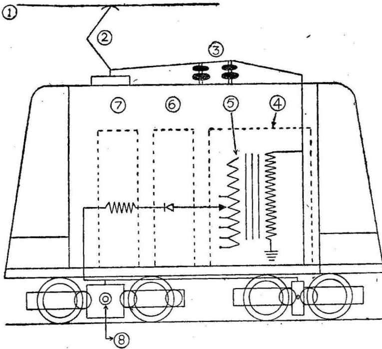
மின்முறை இழுப்புப் பணிகளுக்கு மூவுந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட மோட்டார் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இங்ஙனம் உபயோகப்படுத்தப்படும் மோட்டார்கள் 3300 முதல் 3600 வோல்ட்டு வரையிலுள்ள மின்னழுத்தத்தில் $16\frac{2}{3}$ ஹெர்ட்சு அலைவெண்ணில் இயக்கப்படுகின்றன. இந்த அமைப்பு இத்தாலியில் மேற்கொள்ளப்பட்டது. உயர் மின்னழுத்தத்தில் மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்கள் இயங்க வல்லது. ஆகவே, இம் மோட்டார்களுக்கான மின்னாற்றல் நேரிடையாகவோ அல்லது துணை மின் நிலையங்களிலுள்ள தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி மூலமோகவோ பெறப்படுகிறது. இந்த அமைப்புக்கு இரு தலைமிசைத்தொடு கம்பிகள் தேவைப்படுவதால், இந்த அமைப்பு வழக்காற்றிலிருந்து விலக்கப்பட்டு வருகிறது.

கூட்டு அமைப்பு

இந்த அமைப்பில், ஒருந்தி உயர் மின்னழுத்தச் செலுத்தத் தொடர் கம்பிகளின் (transmission lines) மூலம் மின்திறனைப் பெற்று, உள்ளூரியங்கும் பொறியினுள் உள்ள உந்தி-நிவர்த்திப்பான் (phase converter) மூலம் குறைந்த மின்னழுத்தமுள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றப்படுகிறது. இத்தகைய அமைப்பிற்குக் கொண்டோ அமைப்பு (Kondo system) எனப்பெயர் வழங்கப்படுகிறது. இந்த அமைப்பில் உள்ள உள்ளூரியங்கும் பொறி உந்தி-நிவர்த்திப்பானைச் (phase converter) சுமந்து செல்லும். 16000 வோல்ட்டு உயர் மின்னழுத்த ஒருந்தி 50 ஹெர்ட்சு அலைவெண் மாறுதிசை மின்னோட்டத்திலிருந்து, உள்ளூரியங்கும் பொறியில் உள்ள உந்து மாற்றிக் கருவியின் மூலம், தாழ் மின்னழுத்த மூவுந்தி மாறுதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றப்பட்டு, மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்கள் இயக்கப் படுத்தப்பட்டன. இத்தகைய அமைப்பு ஹங்கேரி நாட்டில் இருந்ததாகக் கூறப்படுகிறது.

கூட்டு அமைப்பில் உள்ள மற்றொரு முறை என்னவெனில், ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்டத்திலிருந்து நேர் மின்னோட்டத்தைப் பெறுதல் (single phase to D.C. System). இந்தவகையில் உயர் மின்னழுத்த ஒருந்தி மின்னாற்றலினைப் பெற்று, உள்ளிட இயக்குப் பொறியிலுள்ள தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி மூலம், குறை மின்னழுத்தத்திற்குக் கொணர்ந்து, சிலிகான் நிவர்த்திப்பானைக் (silicon rectifier) கொண்டு, நேர் மின்னோட்டமாக்கி, தொடர்புல இழுப்பு மோட்டாருக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இந்தவகை அமைப்பு தற்போது எல்லா இடங்களிலும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. தென்னிந்திய இரயில்வேயில், மீட்டர் கேஜ் (metre gauge) பகுதியாகிய சென்னை-விழுப்புர இருப்புப் பாதைக்கு 1965ஆம் ஆண்டு இந்தவகை மின் வசதி, ஒருந்தி, (single phase) 25000 சங்கிலிய-வோல்ட்டு (catenary voltage) மின்னழுத்தத்தில் அமைக்கப்பட்டது. இந்த அமைப்பின் மேன்மைகளாவன: (1) நேர் மின்னோட்ட அமைப்பினைக் காட்டிலும் மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பில் ஆகும் தொடக்க முதலீடு மிகக் குறைவு. (2) 1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட அமைப்பில் இரு துணை மின் நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 6 முதல் 20 கி.மீ. வரை இருக்கும். ஆனால் 25 கிலோ வோல்ட்டு மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பில், இரு துணை மின் நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 50 கி.மீ. முதல் 80 கிமீ. வரை இருக்கும். (3) மின் முறை இழுப்புப் பணிக்குத் தேவைப்படும் மின்திறன் அமைப்பு குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் அதிக நேர் மின்னோட்டத்தினை எடுத்துக்கொள்ளும். ஆனால், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தில், உயர் மின்னழுத்தத்தைப் பயன்படுத்துவதனால், குறைந்த மின்னோட்டமே தேவை. ஆகவே, நேர் மின்னோட்ட அமைப்பிலுள்ள துணை மின் நிலையத்தின் மின் திறன் 2 முதல் 6 மெகாவாட்கள். ஆனால் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தில், 10 முதல் 15 மெகாவாட் துணை மின் நிலையங்களை அமைக்கலாம். ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்புக்குப் பயன்படுத்தப்படும் இழுப்புக் கருவி (traction equipment) யில் ஒரு தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி (step down transformer) உள்ளது (படம் 2-1). இதன் முதன்மைச் சுருளுக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம் 25 கிலோ வோல்ட்டு. இந்த மின்மாற்றியின் துணைச் சுருளில் சுமையுள்ளபோது இயங்கும் மடைமாற்றிகள் (on load secondary tap change) உள்ளன. துணைச் சுருளில் கிடைக்கும் குறைந்த மின்னழுத்தம் சமனி முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள சிலிகான் (silicon) நிவர்த்திப்பான் மூலம் நேர் மின்னோட்டமாக்கப்படுகிறது. சிற்றலைகளைக் (ripples) கொண்ட இந்த மின்னழுத்தத்தைச் சரிசமமாக்கும்

எதிர்வினைப்புச் சுருள் (smoothing reactor) மூலம் இழுப்பு மோட்டார்களுக்கு வழங்கப்படுகிறது. இதில் உள்ள இழுப்பு மோட்டார்கள் சிற்றலை மின்னோட்டத்தினைத் தாங்கும் தன்மை



படம் 2-1.

ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்டக்கருவியில் ஒரு தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி

(1) மின்னூர்திக் கம்பி (Trolley wire)
(2) ஐவரைக் கம்பிச் சட்டம் (Panto graph)
(3) காற்று சுற்றதர்ப்பிரிப்பி (Air circuit breather)
(4) தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி (Step down tranformer)
(5) மடைகள் கொண்ட மின்மாற்றியின் துணைச்சுருள்
(6) சமனி முறையில் இணைக்கப்பட்ட சிலிகான் நிவர்த்திப்பான் (Bridge connected silicon rectifier).
(7) சிற்றலைகளைச் சரிசமப்படுத்தும் எதிர் வினைப்பான் (Smoothing reactor)
(8) நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார்.

யுடையதாகவும், புலச் சுருளினைத் தொடர் நிலையில் சுற்றியுள்ள (series wound) தானகவே காற்றோட்ட வசதியினை ஏற்படுத்திக் கொள்ளத்தாகவும் (self ventilated type) கொண்ட அமைப்பினை உடையன. இவைகள் மூக்குத் தொங்கல்-பல்லிணை ஓட்ட வகையினைச் (nose-suspension geared drive) சார்ந்தவை.

புறநகர்ப்பணி (Suburban Service)

புறநகர்ப்பணி அமைப்புக்குத் தேவையானவை: (1) இழுப்பு மோட்டார்களை அடிக்கடி நிறுத்தியும் துவக்கியும் இயக்கவேண்டியிருப்பதால், விரைவான முடுக்கமும் ஒடுக்கமும் தேவை. (ii) இழுப்பு மோட்டார்கள் மின்னழுத்தத் திடீர் ஏற்ற இறக்கங்களுக்குப் பாதிக்கப்படாமலிருக்கும்படி அமைக்கப்பட வேண்டும். (iii) தந்தி, தொலைபேசி போன்ற செய்தியறிவிப்புக் கம்பிகளுக்கு எவ்வித இடையூறினையும் விளைவிக்கக் கூடாது. நேர் மின்னோட்ட அமைப்பு (D. C. System) இத் தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்வதால், இந்த அமைப்பே புறநகர்ப்பணிகளுக்கும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது.

நேர் மின்னோட்ட அமைப்பின் மேன்மைகள்: (1) இந்த அமைப்பினால், ஒரு குறிப்பிட்ட மின்முறை இழுப்புப் பணிக்கு ஆகும் மின்னாற்றல் செலவு, அதே பணிக்கு மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பினால் ஏற்படும் மின்னாற்றல் செலவைவிடக் குறைவு. (2) ஒரே அளவாக திருக்கத்தினைப் பெற, மாறுதிசை மின்னோட்ட அளவு, நேர் மின்னோட்ட அளவினைவிட அதிகமாகத் தேவைப்படும். (3) நேர் மின்னோட்ட அமைப்பில், உள்ளிட இயக்குப் பொறி, மோட்டார் பெட்டி ஆகியவை இலேசாக இருக்கும். தொடக்கச் செலவும், பராமரிப்புச் செலவும் குறைவு. மேலும், இந்த அமைப்பு மிகுந்த பயனுதிறன் வாய்ந்தது.

நேர் மின்னோட்ட அமைப்பின் முறைகள்: (1) குறைந்த அளவு மின்னழுத்தத்தைப் பயன்படுத்துவதினால், அதிகமான மின்னோட்டம் தேவைப்படுகிறது. இதனால் மின் கடத்தியின் குறுக்களவு அதிகமாகிறது. துணை மின் நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள இடைவெளி குறைகிறது. ஆகவே துணை மின் நிலையங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. (2) துணை மின் நிலையங்களில், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தினை நேர் மின்னோட்டமாக்கும் திசைபோக்கு மாற்றும் பொறி தேவைப்படுவதால் (converting machinery), துணை மின் நிலையம் நிறுவும் செலவு அதிகமாகிறது. (3) துணை மின் நிலையத்தின் பயனுதிறன் குறைவு. (4) எதிர் நிரப்பி (negative booster) போன்ற கூடுதலான சாதனங்கள் தேவைப்படுகிறது.

முக்கிய பாதைப் பணி (Main line service)

இப் பணிக்குத் தேவையானவை: (1) உயர்ந்த பெரும வேகங்கள். (2) தலைமிசைக் கருவி அமைப்புக்காகும் செலவு சிறுமமாக இருக்க வேண்டும். (3) புறநகர்ப்பணிக்குத் தேவைப்படும்

விரைவான முடுக்கமும் ஒடுக்கமும் இப்பணிக்குப் தேவையில்லை. ஓநந்தி மாறுதிசை அமைப்பு இப் பணிக்கு உகந்தது.

2-3. வேக நேர வளைவு கோடு (Speed Time curve)

இரயில் வண்டியின் வேகத்தை (கிலோமீட்டர்/மணி) Y-ஆயமாகவும், நேரத்தை (வினடிகள்) X ஆயமாகவும் கொண்டு வரைந்த ஒரு வளைகோடே அந்த இரயிலின் வேக நேர வளை கோடாகும். இந்த வளை கோட்டிற்கும், X-ஆயத்துக்கும் இடையே உள்ள பரப்பு, ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இந்த இரயில் சென்ற தூரத்தைக் குறிக்கும். முடுக்கத்தின் அளவையோ அல்லது ஒடுக்கத்தின் அளவையோ குறிப்பிடும் இந்த வளைகோட்டின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வரைந்த தொடு கோடு அதன் X-ஆயத்தில் அமைக்கும் கோணம் α என்றால், முடுக்கத்தின் அளவு Tan α ஆகும். இது மேல் நோக்கிச் செயல்படும் ஏறு-சாய்வு விகிதம் (upward slope) ஆகும். அதேபோல் கீழ் நோக்கிச் செயல்படும் இறங்கு-சாய்வு விகிதம் (downward slope) ஒடுக்கத்தைக் குறிக்கும். இது X ஆயத்தில் அமைக்கும் கோணம் β எனக் கொள்வோம்.

இரண்டு இருப்பூர்தி நிலையங்களுக்கு (railway station) இடையே ஏற்படும் ஓர் இரயில் வண்டியின் வேக நேர வளை கோட்டின் மொத்த நேரத்தை ஐந்து வகையான காலப் பகுதி களாகப் பிரிக்கலாம் (படம் 2-2ஐக் கவனிக்கவும்).

(i) பிளப்புக் காலப் பகுதி அல்லது தொடக்க காலப் பகுதி (Notching up period or starting period): இந்த இடைவெளி நேரத்தில், தொடக்க மின் தடையைப் படிப் படியாகக் குறைத்து, மோட்டாரின் வரம்புக்குட்பட்ட மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பெறுகிறோம். தொடக்கத் தடையைக் குறைக்க, தொடக்கக் கைப்பிடியை ஒரு பிளப்பிலிருந்து (notch) மற்றொரு பிளப்புக்கு மாற்றுகிறோம். எனவே, இதற்கு இப் பெயரிடப்பட்டது. இந்தப் பிளப்பு காலப் பகுதியில் மோட்டாரின் மின்னோட்டம் குறிப்பிட்ட பெரும அளவுக்கும், சிறும அளவுக்கும் இடையே ஊசலாடும். இதனால் மோட்டாரின் திருக்கமும் (torque) இழுப்பு முயற்சியும் (tractive effort) மாறுபடும். இக் காலப் பகுதியில் (*O*-யிலிருந்து *A*-வரை) இழுப்பு முயற்சியின் சராசரி அளவு ஒரே அளவாக இருப்பதாலும், இரயில் வண்டியின் உராய்வுத் தடை விசையிலும் அவ்வளவாக அதிக மாறுதல் இல்லாதிருப்பதாலும், முடுக்கம் நிலையாகவே இருப்பதாகக் கொள்வோம். எனவே, பிளப்புக் காலப் பகுதியில் வேக—நேரக்

கோடு ஒரு நேர்கோடாகும். இதை தடையாற்றி முடுக்கம் என்றும் கூறலாம். படத்தில் 0-1 என்ற பகுதி இதனைக் குறிக்கும்.

(ii) வேக வளைகோட்டு ஓட்டம் (Speed curve running):

(காலப் பகுதி A-யிலிருந்து B வரை.) : எல்லாமின் தடைகளையும் நீக்கிய பிறகு, மோட்டாரின் இழுப்புமுயற்சி, இரயில் வண்டியின் உராய்வுத் தடை விசையைவிட அதிகமாக இருக்கும். இவை இரண்டுக்கு முள்ள வித்தியாசமே, இரயில் வண்டி அதிக முடுக்கம் பெறுவதற்கு ஏது வாகிறது. ஆனால் (A-யிலிருந்து B வரை) வேகம் அதிகமாகிக்கொண்டே வருவதால் முடுக்கம் படிப்படியாகக் குறைகிறது. (1-லிருந்து 2 வரையுள்ள வளைகோட்டுப் பகுதி இதனைக் குறிக்கும்.) இந்த முடுக்கக் குறைவுக்குக் காரணங்கள்:

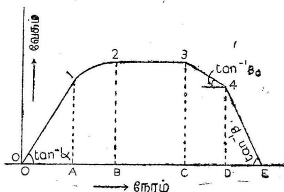
(அ) தொடர்பு மோட்டாரின் வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்பின் படி வேகம் அதிகரித்தால், திருக்கம் குறையும்.

(ஆ) வேகம் அதிகரிப்பதால், இரயிலின் உராய்வுத் தடையும் அதிகமாகிறது. இதனால் விளைவு இழுப்பு முயற்சி (Net tractive effort) குறையும். ஆகவே, முடுக்கமும் குறைகிறது.

(இ) வேகம் அதிகரிக்கும்போது, ஒட்டுப் பண்பு குணகம் (Coefficient of adhesion) குறைகிறது. இதனால் விளைவு இழுப்பு முயற்சி குறைகிறது. இழுப்பு முயற்சியாக மாற்றும், மோட்டாரின் ஒரு பகுதி திருக்கம் குறைகிறது. அதாவது இழுப்பு முயற்சி இரயில் வண்டியின் உராய்வுத் தடை விசைக்குச் சமமாகும் வரை இரயில் வண்டியின் வேகம் அதிகரித்துக்கொண்டே வரும். முடுக்கத்தின் அளவு குறைந்து கொண்டே வந்து இறுதியில் அதன் மதிப்பு சுழியாகும் (Zero). அதாவது வேக வளை கோட்டு ஓட்டத்தின் இறுதியில் இரயில் வண்டியின் வேகம் பெருமமாக இருக்கும். இதன் பிறகு பெரும வேகத்திலேயே இரயில் வண்டி ஓடிக்கொண்டிருக்கும்.

(iii) தன்னுரிமையோடு ஓடும் காலப் பகுதி (Free running) Period) : (B-யிலிருந்து C வரை) : இந்த இடைவெளி நேரத்தில் இரயில் வண்டி நிலையானவேகத்தில் செல்லும். எனவே, திறன் தறுவாய் அமைப்பினின்று பெறும் மின் திறத்தின் அளவு நிலையாக இருக்கும். வேக நேரவளை கோட்டில் பகுதி (2 - 3) இதனைக் குறிக்கும்.

(iv) மின்திறன் இல்லாமலே ஓடும் காலப்பகுதி அல்லது சறுக்கிச் செல்லும் காலப் பகுதி (Running without power or coasting Period) (C-யிலிருந்து D-வரை): தன்னுரிமையோடு ஓடும் காலப் பகுதியின் இறுதியில் மோட்டாருக்குச் செல்லும் மின்னோட்டம் தடை படுத்தப்படுகிறது. இரயில் வண்டி அதனுடைய உந்து விசையினால் இரும்புத் தண்டவாளத்தின் மேல் சறுக்கிச் செல்கிறது.



படம் 2-2.

வேக நேர வளைகோடு

(v) நிறுத்தல் காலப் பகுதி (Dயிலிருந்து E வரை): சறுக்கிச் செல்லும் காலப் பகுதியின் முடிவில் நிறுத்திகளைக் கொண்டு (brakes) இரயில் வண்டியினை நிறுத்த எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் $D\,E$ ஆகும்.

2-3-1. சுருக்கிய வேகநேர வளைகோடு

உண்மையான வேகநேர வரைபடத்தினின்று சுருக்கிய வேகநேர வளைகோட்டினைப் பெறுவதின் நோக்கம் என்ன வென்றால், கணக்கிடுவதற்கு இலகுவாக இருப்பதே. மேலும், அங்ஙனம் வரைபடத்தை மாற்றியமைப்பதனால் ஏற்படும் பிழைகள் மிகக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

படம் $ABCD$ ஓர் உண்மையான வேக நேர வளைகோடாகும் (படம் 2-3). சுருக்கிய வேகநேர வளைக்கோட்டின் அடிப்படை என்ன வெனில், முடுக்கத்தின் மதிப்பும் எதிர் முடுக்கத்தின் மதிப்பும் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும். உண்மையான வளை கோட்டின் பரப்பும் சுருக்கிய வளைகோட்டின் பரப்பும்ஒன்றாக இருத்தல் வேண்டும். டிரபீஸிய வேகநேர வளைகோட்டில், வேக வளைகோட்டு ஓட்டம்,

சறுக்கிச் செல்லும் காலப்பகுதி ஆகிய இரண்டுக்குப் பதிலாக நிலையான வேக காலப்பகுதியாக (constant speed period) மாற்றியமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மாருக, நாற்கர வேக நேர வளைகோட்டில் ஆரம்ப முடுக்க காலப்பகுதியை நீட்டியும், சறுக்கிச் செல்லும் காலப்பகுதியைக் குறைத்தும் படத்தில் (2-3) காட்டியபடி அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. டிரபீஸிய வேகநேர வளைகோடு முக்கிய பாதைப் பணிக்கு (main line service) உகந்தவாறு முடிந்த அளவு திருத்தமாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதேபோல் நாற்கர வேக-நேர வளைகோடு புறநகர்ச் சார்ந்த பணி, நகருக்குரிய பணி ஆகிய இவ்விரண்டிற்கும் பொருந்துமாறு அமைந்துள்ளது.

2-3-2. டிரபீஸிய வேகநேர வளைகோடு (படம் 2-3)

இரு நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் = D கி. மீட்டர்

இரயில்வண்டி உண்மையாக ஓடிய நேரம் = T செகண்டுகள்

இரயில்வண்டியின் முடுக்கம் = α கி. மீட்டர்/மணி/விஞடி

இரயில்வண்டியின் ஒடுக்கம் = β கிலோ மீட்டர்/மணி/விஞடி

சராசரி வேகம் = V_a கிலோ-மீட்டர்/மணி

உச்ச வேகம் = V_m கிலோ-மீட்டர்/மணி என்ருல்

முடுக்க நேரம் $t_1 = \dfrac{V_m}{\alpha}$ விஞடி.

எதிர் முடுக்கம் அல்லது ஒடுக்க நேரம் $t_3 = \dfrac{V_m}{\beta}$ விஞடி.

இரயில்வண்டி தன்னுரிமையோடு ஓடும் நேரம்

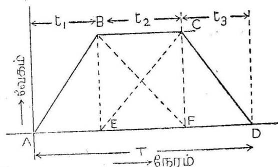
$$t_2 = [T - (t_1 + t_3)]$$

$$= \left[T - \left(\frac{V_m}{\alpha} + \frac{V_m}{\beta}\right)\right] \text{விஞடி.} \quad \dots (2\text{-}1)$$

டிரபீஸியத்தின் பரப்பு = மொத்த தூரம்

$\therefore \quad D =$ பரப்பு $ABCD$.

$$D = \text{பரப்பு } ABCD.$$
$$= \triangle ABF + \triangle BFC + \triangle CFD.$$
$$= \triangle ABF + \triangle ECF + \triangle CFD. \ (\because \ \triangle BFC = \triangle ECF)$$
$$= \triangle ABF + \triangle ECD.$$
$$= \tfrac{1}{2} AF.\ BE + \tfrac{1}{2} ED.\ CF.$$
$$= \tfrac{1}{2}\left(\frac{T - t_3}{3600}\right) V_m + \tfrac{1}{2}\left(\frac{T - t_1}{3600}\right) V_m$$
$$= \frac{V_m}{7200}[2T - t_3 - t_1] \qquad \ldots \quad (2\text{-}2)$$



படம் 2-3.

டிரபீஸிய வேக நேர வளைகோடு

$$D = \frac{V_m}{7200}[2T - (t_1 + t_3)]$$
$$= \frac{V_m}{7200}\left[2T - \left(\frac{V_m}{\alpha} + \frac{V_m}{\beta}\right)\right] \left(\because \ t_1 = \frac{V_m}{\alpha},\ t_3 = \frac{V_m}{\beta}\right)$$
$$= \frac{V_m}{7200}\left[2T - V_m\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right)\right]$$

$\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right)$-ன் மதிப்பு K-க்குச் சமமெனக் கொண்டால்,

$$D = \frac{V_m}{7200}[2T - KV_m] \qquad \ldots \quad (2\text{-}3)$$

$$KV_m^2 - 2\,TV_m + 7200\,D = 0$$

$$V_m^2 - \frac{2\,T}{K}V_m + 7200\frac{D}{K} = 0$$

$$\therefore \quad V_m = \frac{\dfrac{2\,T}{K} \pm \sqrt{\left(\dfrac{2\,T}{K}\right)^2 - 4 \times 7200\dfrac{D}{K}}}{2}$$

அல்லது $V_m = \dfrac{T}{K} \pm \sqrt{\left(\dfrac{T}{K}\right)^2 - 7200\dfrac{D}{K}}$ ... (2-4)

இந்தச் சமன்பாட்டில் உள்ள நேர்க் குறியினைப் பயன்படுத்தினல், நடைமுறைப் பழக்கத்திற்கு ஒவ்வாத அளவுக்கு V_m-ன் மதிப்பு உயர்ந்து விடுகிறது. ஆகவே, எதிர்க் குறி பயன்படுத்தப் படுகிறது.

$$\therefore \quad V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7200\frac{D}{K}} \qquad \text{... (2-5)}$$

சமன்பாடு (2-3)-லிருந்து $\dfrac{KV_m^2}{7200} = \dfrac{TV_m}{3600} - D$

$$\therefore \quad K = \frac{7200}{V_m^2}\left(\frac{TV_m}{3600} - D\right)$$

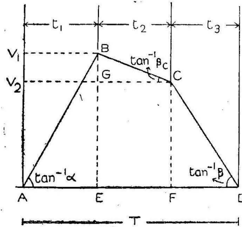
$$= \frac{7200\,D}{V_m^2}\left(\frac{V_m}{3600\,D/T} - 1\right)$$

$$= \frac{7200\,D}{V_m^2}\left(\frac{V_m}{V_a} - 1\right)$$

$\because \quad V_a$ என்பது சராசரி வேகம் $= \dfrac{D}{T/3600}$

அல்லது $\dfrac{1}{\alpha} + \dfrac{1}{\beta} = \dfrac{7200\,D}{V_m^2}\left(\dfrac{V_m}{V_a} - 1\right)$

2-3-3 நாற்கர வேக - நேர வளைகோடு (Quadrilateral Speed - time curve): [படம் 2-4].



படம் 2-4.
நாற்கர வேகநேர வளைகோடு

இரயிலின் முடுக்கத்தின்போதுள்ள உச்ச வேகம் = V_1 கிலோ மீட்டர்/மணி என்றால்,

முடுக்க நேரம் $t_1 = \frac{V_1}{\alpha}$ விநாடி ... (2-6)

அதேபோல் இரயிலின் ஒடுக்கத்தின்போதுள்ள உச்ச வேகம் V_2 கிலோ மீட்டர்/மணி என்றால், ஒடுக்க நேரம் $t_3 = \frac{V_2}{\beta}$ விநாடி ஆகும். ... (2-7)

இரயிலின் சறுக்கம் (coasting) βc கிலோ மீட்டர்/மணி/விநாடி எனக் கொண்டால், சறுக்கல் நேரம் $t_2 = \frac{V_1 - V_2}{\beta_c}$ விநாடி. ...(2-8)

இரயில் சென்ற மொத்த தூரம் D
= $ABCD$ என்ற நாற்கரத்தின் பரப்பாகும்

அதாவது $D = \triangle ABF + \triangle BFC + \triangle FCD$

$= \triangle ABF + \triangle EFC + \triangle FCD$
($\because \triangle BFC$ பரப்பு $= \triangle EFC$ பரப்பு)

$$= \triangle ABF + \triangle ECD$$

$$D = \frac{1}{2} AF \times BE + \frac{1}{2} ED \times FC$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(T - t_3)}{3600} \times V_1 + \frac{1}{2} \frac{(T - t_1)}{3600} \times V_2$$

$$= \frac{1}{7200} [T (V_1 + V_2) - (V_1 t_3 + V_2 t_1)]$$

$$= \frac{1}{7200} \left[T (V_1 + V_2) - \left(V_1 \frac{V_2}{\beta} + V_2 \frac{V_1}{\alpha} \right) \right]$$

$$D = \frac{1}{7200} \left[T (V_1 + V_2) - V_1 V_2 \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} \right) \right] \quad ...(2 - 9)$$

$$\because \; t_2 = \frac{V_1 - V_2}{\beta_c}$$

$$V_2 = V_1 - \beta_c t_2$$

$$= V_1 - \beta_c (T - t_1 - t_3)$$

$$= V_1 - \beta_c \left(T - \frac{V_1}{\alpha} - \frac{V_2}{\beta} \right)$$

$$\because \left(V_2 - \frac{\beta_c}{\beta} V_2 \right) = V_1 - \beta_c \left(T - \frac{V_1}{\alpha} \right)$$

$$V_2 = \frac{V_1 - \beta_c T + \frac{\beta_c}{\alpha} V_1}{1 - \frac{\beta_c}{\beta}} \quad ...(2-10)$$

ஆகவே, சமன்பாடுகள் (2 - 9)ஐயும், (2 - 10)ஐயும் பயன்படுத்தி இரயில் சென்ற மொத்த தூரம் D-யினையும், முடுக்க அல்லது ஒடுக்க வேகத்தினையும் கண்டறியலாம்.

இழுப்பு முறை சம்பந்தமாய்ப் பயன்படுத்தப்படும் முக்கியச் சொற்றொடர்கள்:

(1) உச்ச வேகம் (Crest speed) : இரயில் வண்டி நிலையங்களுக்கிடையே ஓடிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது, அடையும் பெரும வேகமே, அந்த இரயிலின் உச்ச வேகம் என்பர்.

(2) சராசரி வேகம் (Average speed): இரண்டு இரயில் நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு தூரத்துக்கும், அத் தூரத்தைக் கடக்க இரயில்வண்டி உண்மையாக எடுத்துக்கொண்ட நேரத்திற்கும் உள்ள விகிதமே அந்த இரயிலின் சராசரி வேகமாகும்.

$$\text{சராசரி வேகம் (கி-மீ/மணி)} = \frac{\text{நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் (கி-மீ.)}}{\text{உண்மையாக ஓடிய நேரம் (மணி)}}$$

$$V_a = \frac{D}{T/3600} = \frac{3600\,D}{T} \text{ கி-மீ/மணி} \quad \ldots (2\text{-}11)$$

(3) பட்டியல் வேகம் (Schedule speed): இரண்டு இரயில் நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலை தூரத்துக்கும், அத் தூரத்தைக் கடப்பதற்காக இரயில்வண்டி எடுத்துக்கொண்ட மொத்த நேரத்துக்கும் (இரயில் உண்மையாக ஓடிய நேரம் + அது ஒரு நிலையத்தில் நின்ற நேரம்) உள்ள விகிதமே, இரயில்வண்டியின் பட்டியல் வேகம் என்கிறோம்.

$$\text{பட்டியல் வேகம்} = \frac{\text{இரு நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் (கி.மீ)}}{\text{உண்மையாக ஓடிய நேரம + ஒரு நிலையத்தில் நின்ற நேரம்}}$$

$$V_s = \frac{D}{(T+t)/3600} = \frac{3600\;D}{T+t} \text{ கி.மீ/மணி} \quad \ldots (2\text{-}12)$$

இதில், T என்பது இரயில்வண்டி ஓடும்பொழுது எடுத்துக்கொண்ட நேரம் (வினாடி)

t என்பது இரயில்வண்டி ஒரு நிலையத்தில் நின்ற நேரம் (வினாடி)

பட்டியல் வேகம் பாதிக்கப்படுவதற்குரிய காரணக் கூறுகளாவன: (i) உச்சம் அல்லது பெருமவேகம் (ii) முடுக்கமும் ஒடுக்கமும் (iii) நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம்.

(i) உச்சவேகம்: கொடுக்கப்பட்ட தூரத்திற்கு, முடுக்கமும் ஒடுக்கமும் நிலையாயிருந்து, உச்சவேகத்தினை அதிகரித்தால், அத் தூரத்தைக் கடக்க இரயில்வண்டி எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் குறைகிறது. இதனால் பட்டியல் வேகம் அதிகரிக்கிறது. இந்த குறைந்த நேரத்தில், அதிகமான தூரத்தைக் கடக்கும்படி, இரயில் வண்டியின் உச்சவேகத்தை அதிகரித்தால், பட்டியல் வேகமும் அதிகமாகும்.

(ii) முடுக்கமும் ஒடுக்கமும் : இரு நிலையங்களுக்கிடையே யுள்ள தூரமும், உச்சவேகமும் நிலையாயிருந்து, முடுக்கத்தை அதிகரித்தால், இரயில்வண்டி அத் தூரத்தைக் குறைந்த நேரத்தில் கடக்கும். அதேபோல் நிறுத்தி-ஒடுக்கத்தை அதிகரித்தாலும் அத் தூரத்தைக் கடக்கும் நேரமும் குறைகிறது. இதனால் பட்டியல் வேகம் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே, முடுக்கத்தினையும் ஒடுக்கத்தினையும் எந்த அளவுக்கு அதிகரிக்கிறோமோ அந்த அளவுக்குப் பட்டியல் வேகம் அதிகமாகும்.

(iii) நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் : இரயில்வண்டி ஒரு நிலையத்தில் அதிக நேரம் நின்றால், நிலையங்களைக் கடக்க அது எடுத்துக் கொண்ட மொத்த நேர அளவு அதிகமாகிறது. ஆகவே, பட்டியல் வேகம் குறைகிறது. பட்டியல் வேகத்தினை அதிகரிக்க, நிலையத்தில் நிற்கும் நேரத்தினைக் குறைக்க வேண்டும். இக் காரணத்தினால் தான், நகர்ப்பணிக்கும், புறநகர்ப்பணிக்கும் உகந்த இரயில்வண்டிகள் ஒவ்வொரு நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் மிகக் குறைவாயுள்ளது

எடுத்துக்காட்டு 1-2.

6 கிலோ மீட்டர் தொலைவு தூர இடைவெளி கொண்ட இரயில்வே நிலையங்களுக்கிடையே செல்லும் ஓர் இரயில் வண்டியின் பட்டியல் வேகம் 50 கிலோ மீட்டர்/மணி. இந்த வேகத்தினை நிலைநிறுத்தப்படுகிறதென்றால், இரயில் வண்டியின் பெருமவேகத்தினைக் கணக்கிடுக. இரயில் வண்டி ஒரு நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 30 வினாடிகள். அதன் முடுக்கம் 2·5 கி.மீ /மணி/ வினாடி. இரயிலின் ஒடுக்கம் 4 கி.மீ./மணி/வினாடி. சுருக்கிய வேக-நேர வளைகோட்டினைப் பயன்படுத்திக்கொள்ளவும்.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B.E ஏப்ரல் 1972)

தீர்வு :

$$\text{பட்டியல் வேகம் (கி.மீ./வினாடி)} = \frac{\text{இரு நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் (கி.மீ.)}}{\text{மொத்த நேரம் (உண்மையாக ஓடிய நேரம்} + \text{நிலையத்தில் நின்ற நேரம்) வினாடி}}$$

$$\therefore \text{மொத்த நேரம்} = \frac{\text{இரு நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம்}}{\text{பட்டியல் வேகம் (கி-மீ/வினாடி)}}$$

$$= \frac{6}{50/3600} = \frac{6 \times 3600}{50}$$

$$= 432 \text{ வினாடிகள்.}$$

இரயில் வண்டி உண்மையாக ஓடிய நேரம் $(T) = 432 - 30$

$= 402$ வினாடிகள்

இரயில் வண்டியின் பெரும வேகம்

$$V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7200\frac{D}{K}}$$

இதில் K என்பது $\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right)$க்குச் சமம்.

$$\because K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{\alpha + \beta}{\alpha\beta} = \frac{2 \cdot 5 + 4}{2 \cdot 5 \times 4}$$

$$= 0 \cdot 65$$

$D = 6$ கி-மீ.

$T = 402$ வினாடிகள்.

$$V_m = \frac{402}{0\ 65} = \sqrt{\left(\frac{402}{0 \cdot 65}\right)^2 - 7200 \times \frac{6}{0 \cdot 65}}$$

$$= 638 \cdot 5 - 562 \cdot 2$$

$$= 56 \cdot 3 \text{ கி.மீ/மணி/விநாடி.}$$

எடுத்துக்காட்டு 2-2.

புற நகர்ப்பணிக்குகந்த ஓர் இரயில் வண்டியின் பட்டியல் வேகம் மீ/மணி. இரயில் வணடி ஒரு நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 40 வினாடிகள். அடுத்தடுத்துள்ள நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள சராசரி தொலைவு தூரம் 3 கிலோ மீட்டர்கள் பெரும வேகம் சராசரி வேகத்தில் 170 சதவீதம் வரம்புக்குட்படுத்தினால், இரயிலின் முடுக்கத்தினை மதிப்பிடுக. நிறுத்தி ஒடுக்கம் (Braking retardation) 3 கிலோ மீட்டர்/மணி/விநாடி எனக் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. செப்டம்பர் 1965)

தீர்வு :

$$\text{மொத்த நேரம்} = \frac{\text{தூரம் (கி.மீ.)}}{\text{பட்டியல் வேகம் (கி.மீ/விநாடி)}}$$

$$= \frac{3 \times 3600}{40} = 270 \text{ விநாடிகள்.}$$

இரயில் வண்டி உண்மையாய் ஓடிய நேரம் $= 270 - 40 = 230$ விநாடிகள்

இரயில் வண்டியின் சராசரி வேகம் V_a = $\frac{\text{நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம்}}{\text{இரயில் உண்மையாக ஓடிய நேரம்}}$

$$= \frac{3}{230} \times 3600 = 46 \cdot 96 \text{ கி.மீ/மணி}$$

இரயில் வண்டியின் பெரும வேகம் $V_m = 1 \cdot 7\ V_a$

$$= 1 \cdot 7 \times 46 \cdot 96$$

$$= 79 \cdot 82 \text{ /கி.மீமணி}$$

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200 \times D}{V_m^2}\left[\frac{V_m}{V_a} - 1\right]$$

$$= \frac{7200 \times 3}{(79 \cdot 82)^2}[1 \cdot 7 - 1]$$

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{3} = 3 \cdot 39 \times 0 \cdot 7$$

$$\frac{1}{\alpha} = 2 \cdot 373 - 0 \cdot 333 = 2 \cdot 04$$

$$\therefore \alpha = \frac{1}{2 \cdot 04} = 0 \cdot 4903 \text{ கி.மீ / ம/வி.}$$

எடுத்துக்காட்டு 2-3 (அ) :

கீழ்க்கண்ட விவரங்களைக் கொண்டு, புறநகர்ப் பணிக்கு உகந்த ஓர் இரயில் வண்டியின் ஒடுக்கத்தினை மதிப்பிடுக.

நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு தூரம் = 2 கிலோ மீட்டர்கள்.

பட்டியல் வேகம் = 40 கிலோ மீட்டர்/மணி.

முடுக்கம் = 1·8 கிலோ மீட்டர்கள்/மணி/விநாடி.

நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் = 28 விநாடிகள்.

பெரும வேகம் சராசரி வேகத்தினைக் காட்டிலும் 42 சதவீதம் அதிகம்.

சரிவக (டிரபீசிய) வேக-நேர வளைகோட்டினைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளவும் (சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. ஏப்ரல் 1965)

எடுத்துக்காட்டு 2-3 (ஆ)

நிறுத்திகளைக் கொண்டு இரயில் வண்டியினை நிறுத்துவதற்கு முன், இரயில் வண்டி சென்ற தூரத்தினைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு :

(அ) இரு நிலையங்களைக் கடக்க இரயில் வண்டிப் பட்டியலின் படி எடுத்துக்கொண்ட மொத்த நேரம் $= \frac{1}{40} \times 3600$ விநாடிகள்

$= 90$ விநாடிகள்

உண்மையாய் ஓடிய நேரம் $= 90 - 28 = 62$ விநாடிகள்

இரயில் வண்டியின் சராசரி வேகம் $V_a = \frac{1}{62} \times 3600$

$= 58 \cdot 06$ கி. மீ/மணி.

இரயில் வண்டியின் பெரும வேகம் $V_m = 1 \cdot 42 \times 56 \cdot 74$

$= 80 \cdot 58$ கி.மீ/மணி

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200 \times D}{V_m^2} \left[\frac{V_m}{V_a} - 1 \right]$$

$$\frac{1}{1 \cdot 8} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200 \times D}{(80 \cdot 85)^2} [\, 1 \cdot 42 - 1 \,]$$

$$0 \cdot 5555 + \frac{1}{\beta} = 2 \cdot 218 \times 0 \cdot 42$$

$$= 0 \cdot 9315$$

$$\therefore \frac{1}{\beta} = 0 \cdot 9315 - 0 \cdot 5555$$

$$= 0 \cdot 3760$$

$$\beta = \frac{1}{0 \cdot 3760} = 2 \cdot 66 \text{ கி.மீ/ம/வி}$$

2-3. (ஆ): நிறுத்தல் கால நேரம் $t_s = \frac{V_m}{\beta} = \frac{80 \cdot 58}{2 \cdot 66}$

$= 30 \cdot 29$ விநாடிகள்

நிறுத்தல் கால அளவில் இரயில் ஓடிய தூரம்

$$= \frac{1}{2} \cdot V_m \times \frac{t_s}{3600}$$

$$= \frac{1}{2} \times 80 \cdot 58 \times \frac{30 \cdot 29}{3600}$$

$= 0 \cdot 339$ கி.மீ.

$\because$ நிறுத்திகளைக்கொண்டு நிறுத்துவதற்கு இரயில்
சென்ற தூரம் $= 2 - 0{\cdot}339 = 1{\cdot}661$ கி.மீ.

எடுத்துக்காட்டு 2-4.

ஒரு மின்சார இரயில் வண்டி ஒரே சீரான முடுக்கம் பெற்று ஓய்வு நிலையிலிருந்து 25 விநாடிகளில் 50 கி.மீ/மணி வேகத்தினை அடைகிறது. பின்பு 70 விநாடிகள் வரை சறுக்கிச் சென்ற பிறகு 3 கி.மீ/ம/வி ஒடுக்கமுடைய நிறுத்திகளைக்கொண்டு 12 விநாடிகளில் இரயில் வண்டி நிறுத்தப்படுகிறது. இரயில் வண்டி நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 18 விநாடிகளானால், இரயில் வண்டியின் (i) முடுக்கம் (ii) சறுக்கல் ஒடுக்கம் (iii) பட்டியல் வேகம் ஆகியவற்றினைக் கணக்கிடுக. நிலையத்தில் நிற்கும் நேரத்தினை 13 விநாடிகளாகக் குறைத்தால் பட்டியல் வேகத்தில் ஏற்படும் மாறுதலைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

தீர்வு :

(i) முடுக்க காலத்தில் இரயில்வண்டியின் பெரும வேகம் $V_1 = 50$ கி.மீ/ம;

முடுக்க காலநேரம் $t_1 = 25$ விநாடிகள்

$$\because \text{ முடுக்கம் } \propto = \frac{V_1}{t_1} = \frac{50}{25}$$

$$= 2 \text{ கி·மீ/ம/வி}$$

(ii) நிறுத்தல் காலநேரம் $t_3 = 12$ விநாடிகள்

நிறுத்தி முடுக்கம் $\beta = 3$ கி.மீ/ம/வி

சறுக்க கால இறுதியில் இரயிலின் வேகம் $V_2 = \beta\, t_3$

$$= 3 \times 12 = 36 \text{ கி.மீ/ம}$$

$$\text{சறுக்கல் முடுக்கம் } \beta_c = \frac{V_1 + V_2}{t_2}$$

$$= \frac{50 - 36}{70}$$

$$= 0{\cdot}2 \text{ கி மீ/ம/வி}$$

(iii) முடுக்க காலநேரத்தில் சென்ற தூரம் $D_1 = \frac{1}{2} V_1 \times \frac{t_1}{3600}$

$$= \frac{1}{2} \times 50 \times \frac{25}{3600}$$

$$= 0{\cdot}1736 \text{ கி மீ.}$$

சறுக்கல் காலநேரத்தில் சென்ற தூரம் $D_2 = \left(\frac{V_1 \times V_2}{2}\right) \times \frac{t_2}{3600}$

$$= \left(\frac{50 + 36}{2}\right) \times \frac{70}{3600}$$

$$= 0 \cdot 8362 \text{ கி-மீ.}$$

சறுக்கல் காலநேரத்தில் சென்ற தூரம் $D_3 = \frac{1}{2} V_2 \times \frac{t_3}{3600}$

$$= \frac{1}{2} \times 36 \times \frac{12}{3600}$$

$$= 0 \cdot 60 \text{ கி-மீ.}$$

இரயில்வண்டி சென்ற மொத்த தூரம் $D = D_1 + D_2 + D_3$

$$= 0 \cdot 1736 + 0 \cdot 8362 + 0 \cdot 06$$

$$= 1 \cdot 0698 \text{ கி-மீ.}$$

இரு நிலையங்களைக் கடக்க இரயில்வண்டி எடுத்துக்கொண்ட நேரம் = 25 + 70 + 12 + 18 = 125 விநாடிகள்

$$\therefore \text{ பட்டியல் வேகம்} = \frac{1 \cdot 0698}{125} \times 3600$$

$$= 30 \cdot 810 \text{ கி-மீ/மணி}$$

நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 13 விநாடிகளாகக் குறைத்தால், பட்டியல் வேகம் $= \frac{1 \cdot 0698}{120} \times 3600 = 32 \cdot 094$ கி-மீ/மணி.

எடுத்துக்காட்டு 2-5.

ஒரு மின்சார இரயில் வண்டி ஒரே சீரான முடுக்கம் பெற்று, ஓய்வு நிலையத்திலிருந்து 43 கி.மீ/மணி வேகத்தினை அடைந்து அதே வேகத்தில் 50 விநாடிகள் வரை சென்ற பிறகு, மின்திறன் அமைப்பு துண்டிக்கப்படுகிறது. பிறகு இரயில் வண்டி சறுக்கிச் சென்று, அதன் வேகம் 30 கி.மீ/மணி அளவுக்குக் குறையும் பொழுது, நிறுத்திகளைக்கொண்டு இரயில் வண்டி நிறுத்தப் படுகிறது. இரயில் வண்டியின் ஒடுக்கம், சறுக்கல் ஒடுக்கம், நிறுத்தி ஒடுக்கம், முறையே 1·6 கி-மீ/ம/வி, 0·8 கி-மீ/ம/வி, 2·5 கி-மீ/ம/வி. இரயில் வண்டி நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 20 விநாடிகளென்றால், அதன் பட்டியல் வேகமென்ன? வேக நேர வளைகோட்டினை அளவுகோலின்படி வரைக.

தீர்வு :

படம் 2-5ஐக் கவனிக்கவும்.

$$\text{முடுக்க கால நேரம் } t_1 = \frac{V_1}{\alpha} = \frac{48}{1.6} = 30 \text{ விநாடிகள்.}$$

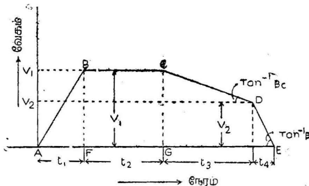
இரயில் வண்டி தன்னிச்சையாக ஓடிய நேரம் $t_2 = 50$ விநாடிகள்.

$$\text{சறுக்கல் கால நேரம் } t_2 = \frac{V_1 - V_2}{\beta_c} = \frac{48-30}{0\cdot 3} = 60 \text{ விநாடிகள்.}$$

$$\text{நிறுத்தல் கால நேரம் } t_4 = \frac{30}{2\cdot 5} = 12 \text{ விநாடிகள்.}$$

இரயில் வண்டி நிலையத்தில் நின்ற நேரம் = 20 விநாடிகள்.

இரயில் வண்டி இரு நிலையங்களைக் கடக்க எடுத்துக்கொண்ட மொத்த நேரம் $T = 30 + 50 + 60 + 12 + 20 = 172$ விநாடிகள்.



படம் 2-5.

$$\text{முடுக்க காலத்தில் சென்ற தூரம் } = \frac{1}{2} \times V_1 \times \frac{t_1}{3600} = \frac{1}{2} \times 48 \times \frac{30}{3600} = 0\cdot 20 \text{ கி. மீ.}$$

நிலையான வேக காலத்தில் சென்ற தூரம் $= V_1 \times \frac{t_2}{3600}$

$= 48 \times \frac{50}{3600}$

$= 0 \cdot 67$ கி. மீ.

சறுக்கல் கால அளவில் சென்ற தூரம் $= \frac{V_1 + V_2}{2} \times \frac{t_3}{3600}$

$= \frac{48 + 30}{2} \times \frac{60}{3600}$

$= 0 \cdot 65$ கி. மீ.

நிறுத்தல் கால அளவில் சென்ற தூரம் $= \frac{1}{2} V_2 \times \frac{t_4}{3600}$

$= \frac{1}{2} \times 30 \times \frac{12}{3600}$

$= 0 \cdot 05$ கி. மீ.

நிலையங்களுக்கிடையே உள்ள மொத்த தூரம் D

$= 0.20 + 0 \cdot 67 + 0 \cdot 65 + 0 \cdot 005$

$= 1 \cdot 57$

பட்டியல் வேகம் $= \frac{1 \cdot 57}{172} \times 3600$

$= 32 \cdot 86$ கி. மீ/மணி.

2-4. இழுப்பு முயற்சி (Tractive effort)

இரயில் வண்டியினை முன்னோக்கி ஏவுவதற்குத் தேவையான விளைவு விசை (effective force) இருப்புப் பாதையின் மேல் உள்ள வண்டிச் சக்கரங்களில் உண்டாக்கப்படுகிறது. இதனையே இழுப்பு முயற்சி என்கிறோம். இதனுடைய அலகு நியூட்டன்களாகும். இரயில் வண்டி முன்னோக்கிச் செல்லத் தேவையான இந்த இழுப்பு முயற்சியை (F_t), செய்யும் வெவ்வேறு வகை முயற்சிக்கு ஏற்றவாறு மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவைகளாவன:

(1) இரயிலின் நிறைவுக்குத் (Train mass) தேவையான நேர்கோடு முடுக்கமும் கோண முடுக்கமும் கொடுக்கும் இழுப்பு முயற்சி (F_a).

(2) புவியீர்ப்புச் சார்ந்த இரயில் எடையின் ஆக்கக் கூறு விசைக்குச் சரியீடு செய்யும் இழுப்பு முயற்சி (F_g).

(3) தண்டவாளத்தின் உராய்வு, காற்றின் எடை இவற்றினுல் ஏற்படும் எதிர் விசையை ஈடு செய்யும் இழுப்பு முயற்சி (F_r).

இரயில் வண்டியை இயங்கவைக்கத் தேவையான மொத்த இழுப்பு முயற்சி, மேற் குறித்த மூன்று வகை இழுப்பு முயற்சிகளின் கூட்டுத் தொகையாகும்.

2-4.-1. இரயில் வண்டியின் முடுக்கத்திற்கான இழுப்பு முயற்சி

ஒரு மின்சார இரயில் வண்டியின் நிலை எடை (Dead weight) டன்(னி)கள் எனவும், அதன் நேர்கோடு முடுக்கம் α_1 எனவும் கொள்வோம்.

$$\text{இரயில் வண்டியின் நிறை } m = \frac{\text{எடை}}{\text{புவியீர்ப்பு முடுக்கம்}}$$

$= \dfrac{100\,W \text{ கிலோ கிராம்}}{g}$ இதில் g என்பது புவியீர்ப்பு முடுக்கம் ஆகும். g-ன் மதிப்பு $9{\cdot}81$ மீட்டர்/விஞடி^{2}.

$$\text{அல்லது } M = \frac{1000\,W.}{9{\cdot}81} \qquad \text{... (2-13)}$$

இரயிலின் முடுக்கம் $= \alpha_1$ கிலோ மீட்டர்/மணி/விஞடி.

$$= \alpha_1 \times \frac{1000}{3600} \text{ மீட்டர்/விஞடி}^2.$$

$$= \frac{\alpha_1}{3{\cdot}6} \text{ மீட்டர்/விஞடி}^2. \qquad \text{... (2-14)}$$

இரயிலுக்கு நேர் கோட்டு முடுக்கம் கொடுக்கத் தேவையான இழுப்பு முயற்சி F_1 என்ருல், $F_1 =$ இரயிலின் நிறை $\times$ முடுக்கம்.

$$\therefore F_1 = M \times \alpha_1$$
$$= \frac{100W}{9{\cdot}81} \times \frac{\alpha_1}{3{\cdot}6}.$$
$$= 28{\cdot}31\, W \alpha_1 \text{ கிலோ கிராம் } \quad \ldots (2\text{-}15)$$

குறிப்பு : (1) ''டன்னி'' என்னும் சொல் ''மெட்ரிக் டன்''னைக் குறிக்கும். ''டன்னி'' என்று உச்சரிப்பதற்குப் பதிலாக ''டன்'' என்று உச்சரிக்க வேண்டி ''னி'' என்னும் எழுத்துக்கு அடைப்புக் குறி இடப்பட்டுள்ளது.

(2) முடுக்கம் பெறும் ஒரு பொருளில் எவ்வித சுழலும் பகுதி களும் இல்லாமல் இருந்தால்தான், மேற் குறித்த சமன்பாடு பொருந்தும். ஆனால் இரயிலில் சக்கரங்கள், அச்சுகள் (axles) மோட்டார் மின்னகம் (motor armature), பல்லிணைப் பெட்டிகள் (gear box) போன்ற சுழலும் பகுதிகள் இருக்கின்றன. இச் சுழலும் பகுதிகளும் முடுக்க மடைகின்றன. இச் சுழலும் பகுதிகளுக்கு முடுக்கம் கொடுக்கத் கூடுதலான இழுப்பு முயற்சி தேவைப் படுகிறது.

கோண முடுக்கம் $= \alpha_W$

$$= \frac{\text{திருப்புத்திறன் முடுக்கம் (acceleratingt orque}}{\text{நிலைமத் திருப்புத்திறன் (moment of inertia)}}$$

$$= \frac{T_W}{K^2 \dfrac{W}{g}} \quad \ldots (2\text{-}16)$$

இதில் T_W என்பது திருப்புத் திறனின் முடுக்கம் (அலகு – மீட்டர் கிலோகிராம்).

K என்பது சுழியாரை (Radius of gyration). (அலகு-மீட்டர்கள்)

W என்பது சுழல் பொருளின் எடை (அலகு-கிலோகிராம்)
g என்பது புவிஈர்ப்பு முடுக்கம்.

வண்டிச் சக்கரத்தின் நிலை எடை W_1 டன்னிகள் எனவும், சக்கர அடிப் பகுதி (tread)-யின் ஆரம் R_1 எனவும், சுழலும் உராய்வுத் தடையைச் சரியீடு செய்யும் கூடுதலான விசையின் அளவு F_2 கிலோகிராம் எனவும் கொள்வோம்.

$T_W = F_2 \times R_1$ மீ-கிலோ கிராம் ... (2-17)

இதனைச் சமன்பாடு (2-16)-ல் சமன்படுத்தினால்

$$\propto_W = \frac{F_2 \times R_1}{K^2 \times \frac{1000\,W_1}{g}} \quad \ldots \quad (2\text{-}18)$$

$$\therefore \quad F_2 = \propto_W \cdot K^2 \,\frac{1000\,W_1}{g} \times \frac{1}{R_1} \quad \ldots \quad (2\text{-}19)$$

ஆனால், வண்டிச் சக்கரங்கள் இரயிலின் அம்சம்.

ஆகையால் $\propto_W = \frac{\propto_1}{3\cdot6} \times \frac{1}{R_1}$ ... (2-20)

$$\therefore \quad F_2 = \left(\frac{\propto_1}{3\cdot6\,R_1}\right) \times K^2 \,\frac{1000\,W_1}{g} \times \frac{1}{R_1}$$

$$= 28\cdot31\; W_1 \propto_1 \left(\frac{K}{R_1}\right)^2 \text{ கிலோ கிராம்} \quad \ldots \quad (2\text{-}21)$$

பொதுவாக, மின்வண்டியில், வண்டிச் சக்கரங்கள் துணைப் பொறிப் பெட்டிகளின் மூலம் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். பல்லிணை விகிதம் (gear ratio) γ என்றால் மோட்டார் மின்னகத்தின் கோண முடுக்கம்.

$= \gamma \times$ சக்கரத்தின் கோண முடுக்கம்.

$= \gamma \times a\omega$. ... (2-22)

மின்னகத்தின் எடை W_2 டன்னிகள் என்றும், அதனுடைய சுழி ஆரம் சுழற்சி ஆரம்) K_2 எனவும் கொண்டால், மின்னகத்தின் அச்சுத்தண்டு—திருக்கம் (shaft torqu.)

$$T_a = \gamma\,\omega \times K_2^2 \,\frac{1000\,w_2}{g} \quad \ldots \quad (2\text{-}23)$$

சக்கர அச்சின் திருப்புத்திறன் $= \gamma T_a$ ... (2-24)

($\because$ சக்கரத்தின் கோண திசைவேகம்)

$= \frac{1}{\gamma} \times$ ஆர்மச்சூரின் கோண திசைவேகம்)

F_3 என்ற கூடுதலான இழுப்பு முயற்சி, சக்கரத்தின் அடிப்பகுதியில் தேவைப்பட்டால்

$$F_3 = \frac{\gamma T_a}{R_1} = \frac{\gamma^2 K_2^2}{R_1} \cdot \frac{1000 W_2}{g} \cdot \propto \omega.$$

$$F_3 = \gamma^2 K_2^2 \frac{1000 W_2}{R_1 g} \cdot \frac{\propto_1}{3{\cdot}6} .$$

$$= 28{\cdot}31\, w_2 \gamma^2 \propto_1 \left(\frac{K_2}{R_1}\right)^2 \quad \ldots \quad (2\text{-}25)$$

அதேபோல் துணைப்பொறிப் பெட்டிகளின் எடைய W_3 டன்னிகள் என்றும், அதனுடைய சுழியாரை K_3 மீட்டர்கள் எனவும், பல்லிணை முடுக்கத்துக்குத் தேவையான விசை F_4 என்ற கூடுதலான இழுப்பு முயற்சி எனவும் கொண்டால்

$$F_4 = 28{\cdot}31\, W_3 \propto_1 \left(\frac{K_3}{R_1}\right)^2 \quad \ldots \quad (2\text{-}26)$$

அச்சு முடுக்கம் பெறத் தேவையான இழுப்பு முயற்சியின் அளவு மிகக் குறைவானதால், இதனைத் தவிர்க்கலாம். எனவே, சமமட்டமான இழுப்புப் பாதையின்மீது செல்லும் இரயில் வண்டியின் முடுக்கத்துக்கான இழுப்பு முயற்சி

$$F_a = F_1 + 2\, n_1 F_2 + n_2 F_3 + n_2 F_4. \quad \ldots \quad (2\text{-}27)$$

இதில் n_1 என்பது அச்சுகளின் எண்ணிக்கை அளவு. n_2 என்பது மோட்டார்களின் எண்ணிக்கை அளவு.

$$\because \quad F_a = 28{\cdot}31 \propto \left[W + 2\, W_1\, n_1 \left(\frac{K_1}{R_1}\right)^2 + W_2\, \gamma^2\, n_2 \left(\frac{K_2}{R_1}\right)^2 + W_3\, n_2 \left(\frac{K_3}{R_1}\right) \right] \quad \ldots \quad (2\text{-}28)$$

$= 28{\cdot}31 \propto W_e$ கிலோ கிராம்.

$= 9{\cdot}81 \times 28{\cdot}31 \propto_1 W_e$ நியூட்டன்கள்.

$= 277{\cdot}8 \propto W_e$ நியூட்டன்கள். ... (2-29)

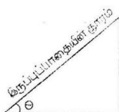
இதில் $\alpha_1 = \alpha\ W_e$ என்பது இரயிலின் இணைமாற்று முடுக்க எடை (equivalent accelerating weight). இதன் மதிப்பு, இரயிலின் நிலை எடையைப் (dead weight) போல் தோராயமாக 108 முதல் 115 சதவீதம்வரை இருக்கும்.

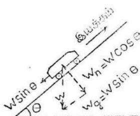
விளைவுறு எடை அல்லது முடுக்க எடை (Effective weight or accelerating weight)

ஓர் இரயில்வண்டியின் நிலை எடை, அந்த வண்டியிலுள்ள நேர்கோட்டு முடுக்கமடையும் பாகங்களின் எடை, கோணமுடுக்க மடையும் பாகங்களின் எடை ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தொகை யாகும். சுழல்வேக நிலையத்தினுல் (rotational inertia), கோண முடுக்கம் ஏற்படுவதால், மொத்த செயலூக்கமுடைய எடை, நிலை எடையைவிட அதிகமாக இருக்கும். இங்ஙனம் முடுக்கிவிடப்பட்ட நிலைமையில் கிடைகும் எடையினையே "செயல் விளைவுடைய எடை" அல்லது "முடுக்க எடை" என்கிறோம்.

2-4-2. புவி ஈர்ப்பு விசையின் விளைவைச் சரியீடு செய்யத் தேவையான இழுப்பு முயற்சி

இருப்புப் பாதையின் ஏறு சரிவு (up gradient) படம் 2-6 (அ)-ல் காட்டியவாறு இருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்படிப்பட்ட ஏறு சரிவில் W டன்னிகள் எடையுள்ள ஓர் இரயில் வண்டி





படம் 2-6. (அ) படம் 2-6. (ஆ)

இருப்புப் பாதையின் ஏறு சரிவு

செல்வதாக வைத்துக்கொள்வோம். இந்த ஏறு சரிவு கிடைத் தளத்துடன் θ கோணத்தினை அமைப்பதாகக் கொள்வோம். படம் 2-6 (ஆ)-ல் காட்டியபடி இரயில் வண்டி ஏறு சரிவில இருக்கும் பொழுது, புவியீர்ப்பு விசையின் விளைவினுல் இரயில் வண்டி சரிவின் வழியாகக் கீழ் நோக்கிச் செல்ல முயல்கிறது. இரயில வண்டியினைச் செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கி ஈர்க்கப்படும் மொத்த விசை W எனக்கொண்டால், இந்த மொத்த விசையினை இரு ஆக்கக்

கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஆக்கக் கூறு W_n இருப்புப் பாதைக்குச் செங்குத்தாகவும், ஆக்கக்கூறு W_g இருப்புப் பாதை வழியாகவும் செயல்படுவதாகக் கொள்வோம்.

$$\text{ஆகவே, சரிவு} = \frac{\text{ஏற்றம்}}{\text{இருப்புப் பாதையின் தூரம்}}$$
$$= \sin \theta.$$

$$\because \text{ சதவீதச் சரிவு } G = 100 \sin \theta$$

$$\text{அல்லது } \sin \theta = \frac{G}{100}$$

இருப்பாதைக்கு இணையாக, கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் இரயிலின் எடையின் ஆக்கக் கூறு $Wg = \omega \sin \theta$ ஆகும் ... (2-30)

இந்த விசையே இரயிலைக் கீழ்நோக்கிச் செல்லச் செய்கிறது. இதனைத் தடுக்க இழுப்பு முயற்சியை மேல்நோக்கிச் செயல் படும்படிச் செய்ய வேண்டும்.

அதாவது சரிவு அல்லது சாய் தளப் போக்கில் வண்டி எடையின் இருப்புப்பாதை வழியாகச் செயல்படும் ஆக்கக் கூறுக்குச் சமமான இழுப்பு முயற்சி இருப்புப் பாதைக்கு இணையாக மேல் நோக்கி இழுக்கும்படிச் செயல்பட வேண்டும்.

$$\therefore \quad F_g = 1000\, W \times \sin \theta \times 9{\cdot}81 \text{ நியூட்டன்கள்.}$$
$$= 1000\, W \times \frac{G}{100} \times 9{\cdot}81 \left(\because \quad \sin \theta = \frac{G}{100} \right)$$
$$= 98{\cdot}1\, W_G \text{ நியூட்டன்கள்.} \quad \dots \quad (2\text{-}31)$$

இந்த இழுப்பு முயற்சி நேர் குறியுடையதாகவோ, எதிர் குறியுடையதாகவோ இருக்கும். அதாவது இரயில் வண்டி சரிவில் மேல் நோக்கி இயங்கினால் F_g-ன் மதிப்பு நேர் குறியுடையதாகும். சரிவில் கீழ்நோக்கி இயங்கினால், F_g-ன் மதிப்பு எதிர் குறியுடைய தாக இருக்கும்.

2-4-3 உராய்வுத் தடையினால் ஏற்படும் எதிர் விசைக்குச் சரியீடான இழுப்பு முயற்சி

இரயில் வண்டி தண்டவாளத்தின் மீது செல்லும்பொழுது, இருப்புப் பாதையின் 'மேற்பரப்பின் உராய்வு, காற்றின் எடை

இவற்றினல் எதிர் விசை ஏற்படுகிறது. உராய்வுத் தடையின் அளவு, இருப்புப் பாதையின் உருவம், பருமன், அது அமைக்கப் பட்டிருக்கும் நிலே, இரயில் வண்டியின் வேகம், ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கும்.

இரயில் வண்டியின் இயக்கத்திற்கு எதிரான தடை ஒரு டன்னி இரயிலின் எடைக்கு "γ" நியூட்டன் அளவிலுள்ளதாகக் கொண்டால், இந்த உராய்வுத் தடை விசையைச் சரியீடு செய்யும் இழுப்பு முயற்சியின் அளவு $F_r = W \times \gamma$ நியூட்டன்கள்.

ஆகவே, தேவையான மொத்த இழுப்பு முயற்சி $F_t = F_a \pm F_g + F_r$
$= 277 \cdot 8\, W_e \propto \pm 98 \cdot 1\, W_g + W \cdot \gamma$ நியூட்டன்கள். ... (2-32)

இரயில்வண்டி ஏறு சரிவில் செல்லும்பொழுது நேர் குறியினை யும், இறங்கு சரிவில் செல்லும்பொழுது எதிர் குறியினையும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

ஒட்டு அச்சுகளிலிருந்து பெறும் மின்திறன் வெளிப்பாடு (power output from driving axles):

திறன் என்பது ஓரலகு நேரத்தில் செய்யப்படும் வேலையைக் குறிக்கும்.

$$\text{திறன்} = \frac{\text{செய்யப்படும் வேலே}}{\text{நேரம்}}$$

$$= \frac{\text{இழுப்பு முயற்சி} \times \text{தூரம்}}{\text{நேரம்}}$$

$$= \text{இழுப்பு முயற்சி} \times \text{திசைவேகம்}$$

$$= F_t \times V \qquad \ldots (2\text{-}33)$$

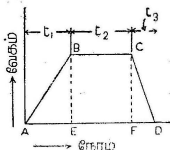
இதில் 'V' என்பது திசைவேகம் (அலகு கி-மீ /மணி)
F_t என்பது மொத்த இழுப்பு விசை (அலகு நியூட்டன்கள்)

$$= F_a + F_g + F_r$$

$$= 277 \cdot 8\, W_e \propto \pm 98 \cdot 1\, WG + W.\gamma \qquad \ldots (2\text{-}34)$$

படம் 2-7-ல் காட்டியபடி டிரபீசிய வேக-நேர வளேகோட்டினே எடுத்துக்கொள்வோம். புள்ளி E-க்கு வெகு அருகில் ஒரு கண

நேர அளவினைக் கருதுவோம். E என்ற புள்ளிக்குப் பிறகு இரயில் வண்டியில் வேகம் நிலையாய் இருந்தாலும், முடுக்கம் இல்லாததினால், இழுப்பு முயற்சி குறைகிறது. ஆனால், E என்ற புள்ளிக்குச் சற்று முந்திய கணப்பொழுதில் தேவைப் படும் இழுப்பு முயற்சி பெருமமாக இருக்கும். ஆகவே, இரயில்வண்டியின் வேகமும் பெரும மதிப்பினை அடையும். அதாவது E என்ற புள்ளியில், இரயில் வண்டியினை முன்னுக்குச் செலுத்த, ஓட்டு அச்சுகளிலிருந்து கிடைக்கும் மின் திறன் வெளிப்பாடு பெருமமாக இருக்குமென்பதே.



படம் 2-7.
டிரபீசிய வேக நேர வளைகோடு

$$\text{பெரும மின் திறன் } P_m = F_t \times \left(\frac{V_m \times 1000}{3600}\right) \text{ வாட்கள்}$$

$$= 0{\cdot}2778\, F_t\, V_m \text{ வாட்கள் } \ldots \quad (2\text{-}35)$$

முன்னேக்கிச் செலுத்தும் பல்லிணை அமைப்பின் (transmission gear) பயனுறுதிறன் "η" என்றால், மோட்டார்களின் பெரும மின் திறன் வெளிப்பாடு

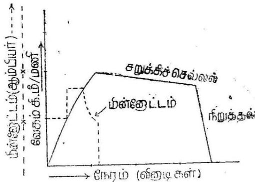
$$= \frac{0{\cdot}2778\, F_t\, V_m}{\eta} \text{ வாட்கள் } \ldots \quad (2\text{-}36)$$

2-4-4. மின்னாற்றல் செலவு

ஏதேனும் ஒரு வேகத்தில் ஒரு மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்ட மதிப்பினை அதன் சிறப்பியல் வளைகோடினைக் கொண்டு கண்டறியலாம். இங்ஙனம் இரயில் வண்டியிலுள்ள எல்லா மோட்டார்களில் பாயும் மொத்த மின்னோட்டத்தினைக் கண்டுபிடித்து, வேக-நேர வளைகோட்டில் குறிப்பிடவேண்டும். பிளப்பு காலப் பகுதியில் (notching-up), மின்னோட்டம் / மோட்டார் தோராயமாக மாறாநிலையில் இருக்கும். தொடர் - இணைக் கட்டுப்பாட்டினைப் பயன்படுத்தினால், மோட்டார்கள் தொடர் நிலையிலிருந்து இணை நிலைக்கு மாறும்பொழுது, மின்னோட்ட மதிப்பு இரு மடங்காகும். மின்னோட்ட-நேர வளைகோட்டின் பரப்பு மின்சார அளவினை ஆம்பியர்-விநாடிகளில் குறிக்கும். மின் தருவியின் மின்னழுத்தம், மாறாநிலையாயிருந்தால், மின்னாற்றல் செலவைப் பின் வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$$\text{மின்னாற்றல்} = \frac{\text{ஆம்பியர்-விநாடிகள்} \times \text{வோல்ட்டுகள்}}{3600} \text{ வாட்-மணிகள்}$$

ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் நோக்கத்தோடு, இந்த ஆற்றல் செலவை வாட்-மணிகள்/டன் கிலோ மீட்டர் அலகில் குறிப்பிடுவது



படம் 2-8.

டிரபீசிய வேக நேர வளைகோடு

வழக்கம். இப்படிக் குறிப்பிடப்படும் எண்ணினை, "ஆற்றல் எண்" (sepecific energy consumption) எனக் கூறப்படும்.

2-4-4-1. மின் ஆற்றல் செலவு எண் (Specific energy consumption)

இது இரயில் வண்டியின், ஓரலகு டன்(னி) கிலோ மீட்டருக்குச் செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின் (வாட் மணிகள்) அளவினைக் குறிக்கும். முதலில் ஓடும் சக்கரங்களில் கிடைக்கும் மின்னாற்றல் வெளிப்பாட்டு எண்ணினைக் கணிப்போமாக.

ஓட்டு அச்சுகளில் கிடைக்கும் மொத்த மின்னாற்றல் வெளிப்பாடு, கீழ்க்கண்ட வகைகளில் செலவிடப்படுகிறது :

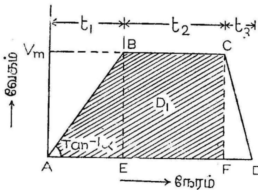
(அ) இரயிலுக்கு முடுக்கம் கொடுப்பதற்கு (E_a).

(ஆ) சரிவினால் ஏற்படும் ஆற்றலிழப்பினைச் சரியீடு செய்வதற்கு (E_g).

(இ) தண்டவாளத் தடுப்பினால் ஏற்படும் ஆற்றலிழப்பினைச் சரியீடு செய்வதற்கு (E_r).

டிரபீசிய வேக நேர வளைகோட்டினைப் பயன்படுத்தி மின்னாற்றல் செலவான எண்ணைக் கணக்கிடுவோம்.

(அ) இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலையிலிருந்து, பெரும வேகத்திற்கு முடுக்கமடையத் தேவைப்படும் மின்னாற்றல் (E_a) = முடுக்க கால அளவில் தேவைப்படும் சராசரி மின் திறன் × முடுக்க கால நேரம்



படம் 2-9.
டிரபீசிய வேக நேர வளைகோடு

டிரபீசியம் $ABCF$.
பரப்பு = D_1 கி.மீ

டிரபீசியம் $ABCD$
பரப்பு = D கி. மீ.

$t_1 = \frac{V_m}{\alpha}$ விநாடிகள்

$t_3 = \frac{V_m}{\beta}$ விநாடிகள்

$F_a = 277 \cdot 8 \, W_e \, \alpha$ நியூட்டன்

$BE = V_m$ கி. மீ/மணி

t_2 = இரயில் தன்னிச்சையாய் ஓடிய (free run) நேரம்

$$\therefore \quad E_a = \frac{(0 + 0 \cdot 2778 \, F_a V_m)}{2} \times t_1$$

$$= 0 \cdot 1389 \, F_a V_m t_1 \text{ வாட் விநாடிகள்}$$

$$= 0 \cdot 1389 \, F_a V_m \times \frac{V_m}{\alpha} \text{ வாட் விநாடிகள்}$$

$$= 0 \cdot 1389 \, (277 \cdot 8 \, W_e \, \alpha) \cdot \frac{V_m^2}{\alpha} \text{ வாட் விநாடிகள்}$$

$$= \frac{0 \cdot 1389 \times 277 \cdot 8}{3600} \cdot W_e V_m^2 \text{ வாட் மணிகள்}$$

$$= 0 \cdot 01072 \, W_e V_m^2 \text{ வாட் மணிகள்} \quad \ldots \quad (2\text{-}37)$$

(ஆ) இரயில் வண்டி மின்திறன் அமைப்புடன் (power system) இணைக்கப்பட்டு ஒரு சரிவில் குறிப்பிட்ட தூரம் செல்வதற்குத் தேவைப்படும் மின்னாற்றல் (E_g, = இரயில் எடையின்

புவியீர்ப்பு ஆக்கக் கூறு (gravity component) இழுப்பு முயற்சி (F_g) × மின்திறன் அமைப்புடன் இணைந்து சென்ற தூரம் (D_1).

(குறிப்பு: டிரபீசிய வேக–நேர வளைகோட்டில், மின்திறன் உள்ளபொழுது இரயில் வண்டி சென்ற தூரம் D_1 = முடுக்க காலத்தில் சென்ற தூரம் + இரயில் தன்னிச்சையாக சென்ற தூரம்)

$$E_g = F_g \text{ (நியூட்டன்)} \times D_1 \text{ (கிலோ மீட்டர்)}$$

$$= 98{\cdot}1\, WG \text{ (நியூட்டன்)} \times 1000\, D_1 \text{ (மீட்டர்)}$$

$$= \frac{98{\cdot}1 \times 1000}{3600} WGD_1 \text{ வாட் மணிகள்}$$

$$E_g = 27{\cdot}25\, WGD_1 \text{ வாட் மணிகள்} \quad \ldots \quad (2\text{-}38)$$

(இ) இரயில் வண்டி தடை-எண் (specific train resistance) γ நியூட்டன்/டன்னி என்ற அளவில் நிலையாக இருப்பதாக வைத்துக்கொண்டால், இத்தடையைச் சரியீடு செய்யத் தேவைப் படும் மின்னாற்றல் (E_r) = தண்டவாளத்தின் உராய்வு, காற்றின் எடை போன்ற எதிர்விசைகளுக்கு ஈடு செய்யும் இழுப்பு முயற்சி (F_r) × முடுக்ககால அளவில் சென்ற தூரம் (D_1)

$$\because \quad E_r = F_r \text{ (நியூட்டன்)} \times D_1 \text{ (கிலோ மீட்டர்)}.$$

$$= W.\gamma \times D_1 \text{ கிலோவாட்-விநாடிகள்.}$$

$$= \frac{1000}{3600} W\, \gamma\, D_1 \text{ வாட் மணிகள்.}$$

$$= 0{\cdot}\, 2778\, W.\, \gamma.\, D_1 \text{ வாட் மணிகள்} \quad .. \quad (2\text{-}39)$$

ஆகவே, இரயில் வண்டியின் இயங்கவைக்கும் அச்சுகளில் (driving axes) வெளிப்படும் மொத்த மின்னாற்றல் $E_t = E_a \pm E_g + E_r$ (இரயில் வண்டி ஏறு சரிவில் செல்லும் பொழுது $+ E_g$ யையும், இறங்கு சரிவில் செல்லும்பொழுது $- E_g$ யையும் பயன்படுத்தவேண்டும்).

$$\therefore \text{ மொத்த ஆற்றல் } (E_t) = 0{\cdot}01072\, W_e V_M^2 + 27{\cdot}25 WGD + 0{\cdot}2778\, W\gamma\, D_1 \text{ வாட் மணிகள்.}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{ஆற்றல்}\\\text{வெளிப்பாட்டு எண்}\end{array}\right\} = \frac{\text{மொத்த மின்னாற்றல் (வாட் மணிகள்)}}{\text{இரயிலின் நிலை எடை (டன்னி)} \times \text{இரயில் சென்ற மொத்த தூரம் (கி.மீ.)}}$$

$$= \frac{E_t}{W.\ D}$$

$$= 0{\cdot}01072\, V_m^2 \frac{W_e}{W} \pm 27{\cdot}25\, GD_1 \frac{W}{W} + 0{\cdot}2778\, \gamma\ D_1 \frac{W}{W}$$

$$= 0{\cdot}01072\, V_m^2 \frac{W_e}{W} \pm 27{\cdot}25\, GD_1 + 0{\cdot}2778\, \gamma\ D_1$$

வாட்மணிகள்/டன்னி–கி.மீ. ... (2-40)

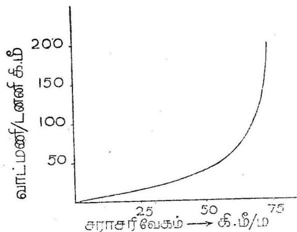
ஆற்றல் செல்மான எண் (specific energy consumption) என்பது, ஆற்றல் வெளிப்பாட்டு எண்ணுக்கும் (specific energy output), முன்னேக்கிச் செலுத்தும் பல்லிணை அமைப்பு, மோட்டார் ஆகியவை உளளிட்ட பயனுறுதிறனுக்கும் உள்ள விகிதம். முக்கிய இருப்புப்பாதை-பணிக்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஆற்றல் செல்மான எண் 18-லிருந்து 31 வாட்-மணி/டன்னி கி-மீ. வரை இருக்கும். அதேபோல் புறநகர்ப்பணிக்கும் பயன்படுத்தப்படும் ஆற்றல் செல்மான எண் 50 முதல் 75 வாட்-மணி/டன்னி கி.மீ. வரை இருக்கும்.

2-4-4-2. ஆற்றல் செலவின் விளைவுடைமைக்கான காரணங்கள்

ஒரு குறிப்பிட்ட இருப்புப்பாதைப் பணிக்கான சராசரி வேக-ஆற்றல் செலவின் வளைகோட்டினை வரைந்தால், அந்த வளைகோடு [படம் 2-10 அ)]-ல் காட்டியது போலுள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட சராசரி வேகத்திற்குமேல் ஆற்றல் செல்மானம் அதி விரைவில் அதிகரிக்கிறது. இப் பணிக்குச் சராசரி வேகம் 50 கி.மீ./மணி அளவிற்கு மேறபட்டால் சிக்கனமாயிராது.

இதேபோல் முடுக்கத்திற்கும் ஆற்றல் செல்மானத்திற்கும் உள்ள தொடர்பினை விளக்கும் வரைபடம் ஒன்றினைப் படம் [2-10(ஆ)]-ல் காட்டியதுபோல் வரைந்து பார்த்தால், முடுக்கம் 1 கி-மீ,/ம./வி அளவுக்குக் கீழிருந்தால் ஆற்றல் செல்மானம் விரைவாக அதிகரிக்கிறது. முடுக்கத்தினை 1 கி-மீ /ம /வி. அள

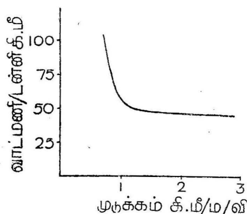
வுக்குமேல் அதிகரித்தால், ஆற்றல் செல்மானம் குறைகிறது. ஆனால், முடுக்க அளவினை அதிகரிக்கப் பெரிய உருஅளவு மோட்டார்களைப் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கிறது. இதனால் மின் தருவி



படம் 2-10 (அ)

சராசரி வேக ஆற்றல் செலவின் வரைபடம்

யினின்று பெறப்படும். உச்ச மின்னோட்ட அளவு அதிகரிக்கிறது. இங்ஙனம் கருவிகளை மாற்றியமைப்பதினால் உண்டாகும் அதிக கொள்விலைக்கு ஈடாக, முடுக்க அளவினை அதிகரிப்பதினால்



படம் 2-10 (ஆ)

முடுக்கம்—ஆற்றல் செல்மான வரைபடம்

ஏற்படும் ஆற்றல் செலவுத் தொகையில் சேமிப்பு இருக்குமாயின் இந்த முடுக்க அளவினைப் பயன்படுத்தலாம்.

2-4-4-3 ஆற்றல் செலவைப் பாதிக்கக்கூடிய காரணங்கள்

ஆற்றல் செலவினைக் கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டின்மூலம் கண்டறியலாம் என்று பார்த்தோம்.

$$\text{ஆற்றல் செலவு} = \frac{1}{\eta}\left\{0{\cdot}01072\, W_e V_m^2 + {\cdot}27{\cdot}2\, WGD_1 + 0{\cdot}2778\, W r D_1\right\} \text{ வாட் மணிகள்.}$$

இந்த வாய்பாட்டினின்று ஆற்றல் செலவைப் பாதிக்கக் கூடிய காரணக்கூறுகளைக் கண்டுபிடிக்கலாம். அவைகள் பின் வருமாறு :

(i) எல்லா அமைப்புகளையும் உள்ளிட்ட பயனுறுதிறன் (η) : இந்தப் பயனுறுதிறன் இரயில் வண்டியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள சாதனங்களைப் பொறுத்திருக்கும். எல்லாம் உள்ளிட்ட பயனுறு திறனின் மதிப்பு அதிகமானால், மின்னாற்றல் செலவு குறையும்.

(ii) இரயில் வண்டியின் நிலை எடை (W) : இரயில் வண்டித் தொடரின் நிலை எடை எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறைக்கிறோமோ அந்த அளவுக்கு மின்னாற்றல் செலவு குறைகிறது.

(iii) சுழற்சி நிலைமம் $\left(\frac{W_e}{W}\right)$: இந்த அளவு இரயில் வண்டித் தொடரில் உள்ள சுழலும் பகுதிகளில் நிலைமத் திருப்பு திறனைப் பொறுத்திருக்கும். இதன் மதிப்புக் குறைந்தால் முடுக்க கால அளவில் செலவிடப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு குறையும்.

(iv) மின்திறன் அமைப்புடன் இணைந்து இரயில் வண்டி சென்ற தூரம் (D_1): கொடுக்கப்பட்ட பட்டியல் வேகத்திற்கு, முடுக்க மதிப்பினையும் ஒடுக்க அளவினையும் அதிகரித்தால், இரயில் வண்டிச் சறுக்கிச் செல்லும் கால அளவு குறைகிறது. இதனால் இரயில் வண்டி மின்திறன் அமைப்புடன் இணைந்து செல்லும் தூரம் (D_1) குறைகிறது. ஆகவே, மின்னாற்றல் செலவின் அளவும் குறைகிறது.

(v) இரயில் வண்டியின் பெரும திசை வேகம் (V_m) : இரயில் வண்டியினை முடுக்கிவிடுவதற்குத் தேவைப்படும் மின்னாற்றல் செலவினம், பெரும திசை வேகத்தின் இருமடிக்கும், முடுக்க எடைக்கும் நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது. ஆனால் பெருமதிசை

வேகம், முடுக்க கால அளவினையும் (t_1) முடுக்க வீதத்தையும் (α) பொறுத்துள்ளது. முடுக்க கால அளவு, முடுக்க மதிப்பு ஆகிய இரண்டினையும் குறைப்பதன் மூலம், பெரும திசை வேக அளவினைக் குறைத்து, மின்னாற்றல் செலவைக் குறைக்கலாம்.

(vi) சதவீதச் சரிவு (G): செங்குத்துச் சரிவுக்குத் தேவைப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு அதிகம். மீள் ஆக்க நிறுத்தியைப் பயன்படுத்தினால், அதிக சரிவு உடைய பகுதிகளுக்குச் செலவிடப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு அதிகமாகும்.

(vii) இருப்புப் பாதை உராய்வு, காற்றின் எடை போன்ற எதிர்விசைகளினால் ஏற்படும் தடை அளவு (V). இந்தத் தடையின் மதிப்பு, இருப்புப் பாதையின் இயல்பான நிலை, இரயில் வண்டியின் வேகம், இரயில் வண்டியின் முன்புற, பின்புற அமைப்பு ஆகியவற்றினைப் பொறுத்திருக்கும். இத் தடை மதிப்பு அதிகமானால் மின்னாற்றல் சதவிகிதமும் அதிகமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 2-6.

ஒரு மின்சார இரயில் வண்டியின் சராசரி வேகம் 45 கி.மீ/மணி. அது கடக்க வேண்டிய இரு நிலையங்கள் ஒரே மட்டத்தில் 1·5 கி.மீ. தூரத்தில் உள்ளன. இரயிலின் முடுக்கம், நிறுத்தி – ஒடுக்கம் முறையே 2 கி. மீ/ம/வி, 3 கிமீ/ம/வி என்றால், ஆற்றல் செல்மான எண்ணினைக் (specific energy consumption) கண்டுபிடிக்கவும் இரயில் வண்டி தண்டவாளத்தின் தடை 50 நியூட்டன்/டன்(னி) எனவும், மோட்டாரும் பல்லிணையும் உள்ளிட்ட பயனுறு திறன் 70 சதவிகிதம் எனவும் கொள்க.

இரு நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் $D = 1{\cdot}5$ கி.மீ.

சராசரி வேகம் $V_a = 45$ கிமீ/மணி.

உண்மையாக இரயில் ஓடிய நேரம் $T = \dfrac{105 \times 3600}{45}$

$= 120$ விநாடிகள்.

முடுக்கம் $\alpha = 2$ கிமீ/ம/வி

ஒடுக்கம் $\beta = 3$ கிமீ/ம/வி

$$K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$$

$$\therefore \text{ பெரும வேகம் } V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7200\frac{D}{K}}$$

$$= \frac{120}{5/6} - \sqrt{\frac{120}{5/6} - 7200 \times \frac{1\cdot 5}{5/6}}$$

$$= 144 - 88\cdot 18$$

$$= 55\cdot 82 \text{ கிமீ.}$$

$$\text{ஒடுக்க கால நேரம் } t_s = \frac{V_m}{\beta} = \frac{55\cdot 82}{3}$$

$$= 18\cdot 607 \text{ விநாடிகள்}$$

நிறுத்தல் கால அளவில் சென்ற தூரம்

$$= \frac{1}{2} V_m \cdot \frac{t_s}{3600}$$

$$= \frac{1}{2} \times 55\cdot 82 \times \frac{18\cdot 607}{3600}$$

$$= 0\cdot 1443 \text{ கிமீ.}$$

மின் திறன் உள்ள வரை இரயில் வண்டி சென்ற தூரம்

$$D_1 = 1\cdot 5 - 0\cdot 1443 = 1\cdot 3557 \text{ கிமீ.}$$

$$\text{ஆற்றல் வெளிப்பாட்டு எண் } = \frac{0\cdot 01072\, V_m^2}{D} \times \frac{W_e}{W} + 0\cdot 2778\gamma V\frac{D_1}{D}$$

$$= \frac{0\cdot 01072 + 55\cdot 82^2}{1\cdot 5} \times 1\cdot 15 + 0\cdot 2778 \times 50 \times \frac{1\cdot 3557}{1\cdot 5}$$

$$= 25\cdot 61 + 12\cdot 56$$

$$= 38\cdot 17 \text{ வாட் மணி/டன்(னி)-கிமீ.}$$

$$\text{ஆற்றல் செல்மான எண் } = \frac{\text{ஆற்றல் வெளிப்பாடு எண்}}{\text{பயனுறு திறன்}}$$

$$= \frac{38\cdot 17}{0\cdot 7}$$

$$= 54\cdot 53 \text{ வாட்-மணிகள்/டன்(னி) கிமீ.}$$

எடுத்துக்காட்டு 2-7.

250 டன்(னி) எடையுள்ள ஒரு மின்சார இரயில் வண்டி 2·5 கிமீ தொலைவு தூரமுள்ள இரு நிலையங்களைக் கடக்க வேண்டும். இரயில் வண்டியின் பட்டியல் வேகம் 50 கி மீ/மணி நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 20 விநாடிகள். இரயிலின் முடுக்கம், நிறுத்தல் கால அளவில் உள்ள ஒடுக்கம் முறையே 1·2 கி மீ/ம வி. இரயில் வண்டி 75-ல் 1 ஏறு சரிவில் செல்கிறது. தணடவாளத்தின் தடை 40 நியூட்டன்/டன்(னி). எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட இரயில் வண்டியின் பயனுறு திறன் 75 சதவிகிதம் ஆனால் (i) இயங்க வைக்கும் அச்சின் பெரும மின்திறன் (ii) மின் திறன் உள்ளபோது இரயில் வண்டி சென்ற தூரம் (iii) மொத்த ஆற்றல் செல்மானம் (iv) ஆற்றல் செல்மான எண் ஆகிய வற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும் சுழற்சி நிலைமம் = 10% எனக் கொள்க. சுருக்கிய டிரபீசிய வேக-நேர வளைகோட்டினைப் பயன் படுத்திக் கொள்ளவும்.

இரு நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் $D = 2 \cdot 5$ கிமீ.
நிலையங்களைக் கடக்க எடுத்துக்கொண்ட மொத்த நேரம்.

$$= \frac{2 \cdot 5}{50} \times 3600 = 180 \text{ விநாடிகள்}$$

இரயில்வண்டி உண்மையாக ஓடிய நேரம் T $= 180 - 20 = 160$ விநாடிகள்.

முடுக்கம் $\alpha = 1 \cdot 2$ கிமீ./ம/வி

ஒடுக்கம் $\alpha = 2 \cdot 4$ கிமீ./ம/வி

ஆகவே, $K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 4} = \frac{3}{2 \cdot 4}$

$= 1 \cdot 25$

பெரும வேகம் $V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7200 \times \frac{2 \cdot 5}{1 \cdot 25}}$

$$= \frac{160}{1 \cdot 25} - \sqrt{\left(\frac{160}{1 \cdot 25}\right)^2 - 7200 \times 2}$$

$$= 128 - \sqrt{128^2 - 120^2}$$

$$= 128 - 42 \cdot 32$$

$\doteq 85 \cdot 68$ கிமீ./மணி

முடுக்க காலநேரம் $t_1 = \frac{85 \cdot 68}{10 \cdot} = 71 \cdot 4$

இரயில்வண்டியின் நிலை எடை $W = 250$

இரயில்வண்டியின் முடுக்க எடை $W_e = 11 \times 250 = 275$ டன்

இரயில்வண்டி முடுக்கம் பெறத் தேவையான இழுப்பு முயற்சி

$$F_a = 277 \cdot 8\, W_e \propto$$
$$= 277 \cdot 8 \times 275 \times 1 \cdot 2$$
$$= 91{,}674 \text{ நியூட்டன்கள்}$$

சத வீதச் சரிவு $G = \frac{1}{75} \times 100 = 1 \cdot 333$

ஏறு சரிவில் புவியீர்ப்பு விசையின் விளைவினை ஈடு செய்யத் தேவைப்படும் இழுப்பு முயற்சி

$$F_g = 98 \cdot 1\, WG$$
$$= 98 \cdot 1 \times 250 \times 1 \cdot 333$$
$$= 32{,}700 \text{ நியூட்டன்கள்.}$$

தண்டவாளத் தடை $\gamma = 40$ நியூட்டன்/டன்(னி)

இத் தடையினுல் ஏற்படும் எதிர் விசைக்குச் சரியீடு செய்யும் இழுப்பு முயற்சி $F_r = W \times \gamma$

$$= 200 \times 40$$
$$= 8000 \text{ நியூட்டன்கள்.}$$

ஓட்டுகின்ற அச்சிற்குத் தேவைப்படும் மொத்த இழுப்பு முயற்சி $F_t = F_a + F_g + F_r$

$$= 91{,}674 + 32{,}700 + 8{,}000$$
$$= 132{,}374 \text{ நியூட்டன்கள்.}$$

இரயில் வண்டி அச்சில் ஏற்படும் பெரும மின்திறன்

$$P_m = 0 \cdot 2778\, F_t V_m \text{ வாட்கள்}$$
$$= 0 \cdot 2778 \times 132374 \times 85 \cdot 68 \text{ வாட்கள்}$$
$$= 3151 \text{ கிலோ வாட்கள்.}$$

நிறுத்தல் கால நேரம் $t_3 = \frac{V_m}{\beta} = \frac{85 \cdot 68}{2 \cdot 4}$

$= 35 \cdot 7$ விநாடிகள்.

இரயில் வண்டி தன்னிச்சையாக ஓடின நேரம் $t_2 = T - (t_1 + t_3)$
$= 160 - (71 \cdot 4 + 35 \cdot 7) = 52 \cdot 9$ விநாடிகள்

நிறுத்தல் கால அளவில் சென்ற தூரம் $= \frac{1}{2} V_m t_3$

$$= \frac{1}{2} \times 85 \cdot 68 \times \frac{35 \cdot 7}{3600}$$

$$= 0 \cdot 425$$

மின்திறன் உள்ளபோது இரயில் சென்ற தூரம் D_1
$= 2 \cdot 5 - 0 \cdot 425 = 2 \cdot 075$ கி. மீ.

முடுக்க கால அளவில் ஆற்றல் வெளிப்பாடு

$$= \frac{1}{2} F_a \left(\frac{V_m \times 1000}{3600}\right) \times \frac{t_1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்,}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{F_a \cdot V_m \, t_1}{(3600)^2} \text{ கிலோ வாட் மணிகள்}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{91,674 \times 85 \cdot 68 \times 71 \cdot 4}{(3600)^2}$$

$= 21 \cdot 64$ கிலோ வாட் மணிகள்.

இரயில் வண்டி தன்னிச்சையாகச் செல்வதற்கான இழுப்பு விசை

$= F_g + F_r = 32,700 + 8000$

$= 40,700$ நியூட்டன்கள்

தன்னிச்சையாய்ச் சென்ற நேரத்தில் ஆற்றல் வெளிப்பாடு

$$= (F_g + F_r) \times \frac{V_m \times 1000}{3600} \times \frac{t_2}{3600} \text{வாட் மணிகள்}$$

$$= \frac{(F_g + F_r) \, V_m \, t_2}{(3600)^2} \text{ கிலோ வாட் மணிகள்}$$

$$= \frac{40,700 \times 85 \cdot 68 \times 52 \cdot 9}{(3600)^2}$$

$= 14 \cdot 23$ கிலோ வாட் மணி

மொத்த ஆற்றல் வெளிப்பாடு $= 21{\cdot}64 + 14{\cdot}23$

$= 47{\cdot}87$ கிலோ வாட் மணிகள்

ஆற்றல் செல்மானம் $= \dfrac{35{\cdot}87}{0{\cdot}75} = 47{\cdot}827$ கிலோ வாட் மணிகள்

ஆற்றல் செல்மான எண் = மொத்த ஆற்றல் செல்மானம் (வாட் மணிகள்) / இரயிலின் நிலைஎடை [டன்(னி)] × நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் (கி.மீ.)

$$= \frac{47{\cdot}827 \times 1000}{250 \times 2{\cdot}5}$$

$= 76{\cdot}52$ வாட் மணிகள்/டன்னி-கி.மீ.

[குறிப்பு : ஆற்றல் செல்மான எண்ணினைக் கீழ்க்கண்ட வாய்ப் பாட்டினைப் பயன்படுத்தியும் கண்டுபிடிக்கலாம்.]

$$\text{ஆற்றல் செல்மானம்} = \frac{1}{\eta}\left\{\frac{0{\cdot}01072}{D}\cdot\frac{W_e}{W} + 27{\cdot}25\, G.\frac{D_1}{D} + 0{\cdot}2778\gamma\,\frac{D_1}{D}\right\}$$

எடுத்துக்காட்டு 2·8 (அ)

200 மெட்ரிக்-டன் எடையுள்ள ஓர் இரயில்வண்டி ஓய்வி லிருந்து ஒரே சீரான முடுக்கம் பெற்று 20 வினாடிகளில் 40 கி.மீ./ மணி வேகத்தினை அடைகிறது. மின்திறன் பிறகு துண்டிக்கப் பட்டு, இரயில்வண்டி சறுக்கிச் செல்கிறது. இரயில்வண்டி இந்த வேகத்திற்குக் குறைந்தவுடன், நிறுத்திகளைக் கொண்டு 10 வினாடி களில் நிறுத்தப்படுகிறது. ஆரம்பத்திலிருந்து இறுதிவரை இரயில் 100-ல் 1 ஏறு சரிவில் செல்கிறது. இரயில்வண்டித் தடை 5 கிலோ கிராம்/மெட்ரிக்-டன் என்றால், அதனை இயங்க வைக்கும் சக்கரங்களில் வெளிப்படும் பெரும மின்திறனையும், ஆற்றல் செல் மான எண்ணினையும் (specific energy consumption) கணக்கிடுக.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B.E. செப்டம்பர் 1966.)

தீர்வு :

(i) இரயில்வண்டியின் நிலை எடை = 200 மெட்ரிக்-டன் அல்லது டன்னி, சுழற்சி நிலைமம் (rotational inertia) 10 சத வீதம் என ஊகித்துக்கொண்டால், இரயிலின் முடுக்க எடை

$$W_e = 1 \cdot 1\, W = 1 \cdot 1 \times 200 = 220 \text{ டன்(னி)}$$

$$\text{முடுக்கம் } \alpha = \frac{V_1}{t_1} = \frac{40}{20} = 2 \text{ கி.மீ./ம./வி.}$$

இரயில்வண்டி முடுக்கம் பெறத் தேவையான இழுப்பு-முயற்சி(F_a) = $277 \cdot 8\, W_e\, \alpha$ நியூட்டன்கள்.

$= 277 \cdot 8 \times 220 \times 2$

$= 122{,}232$ நியூட்டன்கள்

சத வீதச் சரிவு $G = \frac{1}{100} \times 100 = 1$ ஏறு-சரிவில் புவியீர்ப்பு விசையின் விளைவினை ஈடு செய்யத் தேவைப்படும் இழுப்பு முயற்சி

$F_g = 98 \cdot 1 \times W \times G$ நியூட்டன்கள்

$= 98 \cdot 1 \times 200 \times 1$

$= 19{,}620$ நியூட்டன்கள்.

இரயில் வண்டித் தடை = 5 கிலோ கிராம்/மெட்ரிக்-டன்

$\therefore \quad \gamma = 5 \times 9 \cdot 81$ நியூட்டன் டன்(னி)

$= 49 \cdot 05$ நியூட்டன்/டன்(னி)

இரயில் வண்டி தடையினால் ஏற்படும் எதிர் விசையைச் சரியீடு செய்யும் இழுப்பு முயற்சி $F_r = W \times \gamma$ நியூட்டன்

$= 200 \times 49 \cdot 05$

$= 9810$ நியூட்டன்கள்

இரயில் வண்டியினை இயங்க வைக்கும் காலத்தின் அடுக்கத்தில் தேவைப்படும் மொத்த இழுப்பு முயற்சி $F_t = F_a + F_g + F_r$

$= 122{,}232 + 19{,}620 + 9810$

$= 151{,}662$ நியூட்டன்கள்.

இரயில் வண்டியினை இயங்க வைக்கும் சக்கரங்களில் வெளிப் படும் பெரும மின்திறன் $P_m = 0 \cdot 2778\ F_t \cdot V_m$ வாட்கள்

$= 0 \cdot 2778 \times 151{,}662 \times 40$ வாட்கள்

$= 0 \cdot 2778 \times 151 \cdot 662 \times 40$ கிலோ வாட்கள்

$= 1686$ கிலோ வாட்கள்.

(ii) முடுக்க கால அளவில் சென்ற தூரம்

$$D_1 = \frac{1}{2} V_1 \times \frac{t_1}{3600} \text{ கிலோ மீட்டர்}$$

$$= \frac{1}{2} \times 40 \times \frac{20}{3600}$$

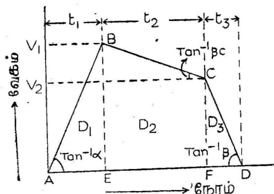
$= 0 \cdot 1111$ கி.மீ.

சறுக்கிச் செல்லும் கால அளவில், இரயில் வண்டி எடையின் புவியீர்ப்பு ஆக்கக் கூறும் (gravity component), இரயில் வண்டி யின் தடையும் சறுக்கல் ஒடுக்கத்திற்குக் காரணமாகும்.

∴ ஒடுக்க விசை $= F_g + F_r$

$= 19{,}620 + 9810$

$= 29{,}430$ நியூட்டன்கள்.



படம் 2-11.
வேக நேர வரைகோட்டுப் படம்

ஆனால், ஒடுக்க விசை $= 277 \cdot 8\ W_e \beta_c$. இதில் β_c என்பது சறுக்கல் ஒடுக்கம் ஆகும்.

$$\therefore \quad \beta_c = \frac{F_g + F_r}{277 \cdot 8\, W_e}$$

$$= \frac{29,430}{277 \cdot 8 \times 220}$$

$$= 0 \cdot 4815 \text{ கி.மீ/ம/வி}$$

சறுக்கல் நேரம் $t_2 = \frac{V_1 - V_2}{\beta_c}$

$$= \frac{40 - 30}{0 \cdot 4815}$$

$$= 20 \cdot 77 \text{ விநாடிகள்}$$

சறுக்கல் கால அளவில் சென்ற தூரம் $D_2 = \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \times \frac{t_2}{3600}$

$$= \left(\frac{40+30}{2}\right) \times \frac{20 \cdot 77}{3600}$$

$$= 0 \cdot 2014 \text{ கிமீ}$$

நிறுத்தல் கால அளவில் சென்ற தூரம் $D_3 = \frac{1}{2} \times V_2 \times \frac{t_3}{3600}$

$$= \frac{1}{2} \times 30 \times \frac{10}{3600}$$

$$= 0 \cdot 0417 \text{ கிமீ.}$$

இரயில் வண்டி சென்ற மொத்த தூரம் $D = D_1 + D_2 + D_3$

$$= 0 \cdot 1111 + 0 \cdot 2014 + 0 \cdot 0417$$

$$= 0 \cdot 3542 \text{ கிமீ.}$$

மின்திறன் உள்ளபோது இரயில் வண்டி சென்ற தூரம் $D_1 = 0 \cdot 111^1$ கி.மீ. (சறுக்கல் கால அளவில் மின்திறன் துண்டிக்கப்படுகிறது. எனவே, முடுக்க கால அளவில்தான் மின்திறன் உள்ளது.)

ஆற்றல் வெளிப்பாட்டு எண் (Total Specific energy)

$$= \frac{0 \cdot 01072\, V_1^2}{D} \cdot \frac{W_e}{W} + 27 \cdot 25\, G \cdot \frac{D_1}{D}$$

$$+ 0 \cdot 2778 \gamma \frac{D_1}{D} \text{ வாட்-மணி/டன்(னி)-கி.மீ.}$$

$$= \frac{0 \cdot 01072}{0 \cdot 3542} \times 40 \times 1 \cdot 1 + 27 \cdot 25 \times 1 \times \frac{0 \cdot 1111}{0 \cdot 3542}$$

$$+ 0 \cdot 2778 \times 49\ 05 \times \frac{0 \cdot 1111}{0 \cdot 3542}$$

$$= 53 \cdot 60 + 8 \cdot 549 + 4 \cdot 1374$$

$= 66 \cdot 27$ வாட்மணி/டன் னி)-கிமீ.

பயனுறுதிறன் $0 \cdot 7$ எனக் கொண்டால், ஆற்றல் செல்மான எண் $= \frac{66 \cdot 27}{0 \cdot 7} = 94 \cdot 66$ வாட் மணி/டன்(னி)-கிமீ.

எடுத்துக்காட்டு 2-8 (ஆ).

எடுத்துக்காட்டு 2-8 (அ)ல் குறிப்பிட்டுள்ள படி இரயில் வண்டி ஏறு சரிவில் செல்வதற்குப் பதிலாக இறங்கு சரிவில் 20 வினாடிகள் வரை சறுக்கிச் செல்வதாகக் கொண்டால், சறுக்கல் கால முடிவில், இரயில் வண்டியின் வேகம் என்ன? மற்ற விவரங்கள் அப்படியே இருப்பதாகக் கொண்டால், இறங்கு சரிவில் கிடைக்கும் ஆற்றல் செல்மான எண்ணினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

சதவீத இறங்கு சரிவு, $G = -\frac{1}{100} \times 100 = -1$

முடுக்க கால அளவில் உள்ள பெரும வேகம் $V_1 = 40$ கிமீ/மணி

தீர்வு :

சறுக்கல் கால அளவில், மின்திறன் துண்டிக்கப்படுவதால், இரயில் வண்டியின் இயக்கம், புவியீர்ப்பு, உராய்வுத் தடை ஆகிய விசைகளைப் பொறுத்திருக்கும்.

$\because$ ஒடுக்க விசைகள் $= F_g + F_r$

$$= 98 \cdot 1\, WG. + W\gamma$$

$$= 98 \cdot 1 \times 200\,(-1) + 200 \times 49 \cdot 05$$

$$= -19{,}620 + 9810$$

$= -9810$ நியூட்டன்கள்.

இந்த எதிர்க்குறி இரயில் சறுக்கல் ஒடுக்கத்தைப் (β_c) பெறுவதற்குப் பதிலாகச் சறுக்கல் முடுக்கத்தைப் (α_c) பெற்றுள்ளதைக் குறிக்கிறது.

$\because \quad 277 \cdot 8\, W_e \propto_c = 9810$

$$\propto_c = \frac{-9810}{277 \cdot 8 \times 220}$$

$$= 0 \cdot 1605$$

$\because \quad V_2 = V_1 + \propto_c t_2$

$= 40 + 0 \cdot 1605 \times 20$

$= 43 \cdot 21$ கிமீ.

நிறுத்தி முடுக்கம் $\beta = \dfrac{V_2}{t_3}$

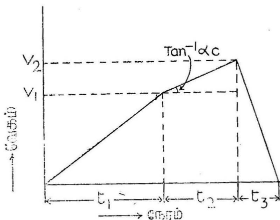
$$= \frac{43 \cdot 21}{10} = 4 \cdot 321 \text{ கி.மீ./ம./வி.}$$

முடுக்க கால அளவில் சென்ற தூரம்

$$= \frac{1}{2} \times V_1 \times \frac{t_1}{3600}$$

$$= \frac{1}{2} \times 40 \times \frac{20}{3600}$$

$= 0 \cdot 111$ கி.மீ.



படம் 2-12.

வேக நேர வரைகோட்டுப் படம்

சறுக்கல் கால அளவில் சென்ற தூரம் $= \dfrac{(V_1 + V_2)}{2} \times t_2$

$$= 0 \cdot 2312 = \frac{(40 + 43 \cdot 21)}{2} \times \frac{20}{3600}$$

நிறுத்தல் காலஅளவில் சென்ற தூரம் $= \frac{1}{2} V_2 \frac{t_3}{3600}$

$$= \frac{1}{2} \times 43 \cdot 21 \times \frac{10}{3600}$$

$$= 0 \cdot 06$$

இரயில்வண்டி ஓடிய மொத்த தூரம் $D =$

$$0 \cdot 1111 + 0 \cdot 2312 + 0 \cdot 06$$

$= 0 \cdot 4023$ கிமீ.

மின்திறன் உள்ளபோது இரயில்வண்டி
சென்ற தூரம் $D_1 = 0 \cdot 1111$

ஆற்றல் செல்மான எண் $= \frac{1}{\eta} \left\{ \frac{0 \cdot 01072}{D} V_1^2 \frac{W_e}{W} - 27 \cdot 25 \, G \frac{D_1}{D} + 0 \cdot 2778 \, \gamma \frac{D_1}{D} \right\}$

$$= \frac{1}{0 \cdot 7} \left\{ \frac{0 \cdot 01072}{0 \cdot 4023} \times 40^2 \times 1 \cdot 1 - 27 \cdot 25 \times 1 \times \frac{0 \cdot 1111}{0 \cdot 4023} + 0 \cdot 2778 \times 49 \cdot 05 \times \frac{0 \cdot 1111}{0 \cdot 4023} \right\}$$

$$= \frac{1}{0 \cdot 7} \left\{ 46 \cdot 9 - 7 \cdot 526 + 3 \cdot 763 \right\}$$

$$= \frac{1}{0 \cdot 7} \times 43 \cdot 137$$

$= 61 \cdot 624$ வாட் மணிகள்/டன்னி – கி.மீ.

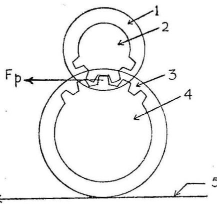
2-5. இரயில் வண்டி இயக்கத்தின் இயந்திர நுட்பம் (Mechanics of train movement)

இரயில் வண்டியின் இயங்கு பகுதியாகிய சிறு பற்சக்கரம் (pinion) மோட்டாரிலும், பல்லிணை (gear) அச்சின் (axle) மூலம் வண்டிச் சக்கரத்துடனும் படம் 2-13-ல் காட்டியபடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

மோட்டாரின் திருக்கம், சிறு பற்சக்கரம் (pinion) பல்லிணை அமைப்பு வழியாக வண்டிச் சக்கரத்தை வந்தடைகிறது.

மோட்டாரின் திருக்கம் T நியூட்டன் மீட்டர் எனவும் சிறு பற்சக்கரத்தின் விளிம்பு ஓரத்தில் உள்ள இழுப்பு முயற்சி F_P நியூட்டன் எனவும், சிறு பற்சக்கரத்தின் விட்டம் d_p எனவும் கொண்டால்,

1. மோட்டார் உள்ளகம் (Motor armature)
2. சிறு பற்சக்கரம் (Pinion)
3. அச்சுடன் இணைக்கப் பட்ட பல்லிணை (Gear)
4. ஓட்டும் சக்கரம் (Driving wheel)
5. இருப்புப்பாதை (Track)



படம் 2-13.
சிறு பற் சக்கரமும், பல்லிணையும் பொருத்தப்பட்ட அமைப்பு

$$T = F_P \cdot \frac{d_P}{2} \text{ நியூட்டன் மீட்டர்} \quad \ldots \quad (2\text{-}41)$$

$$\text{அல்லது } F = \frac{2T}{d_P} \quad \ldots \quad (2\text{-}42)$$

"η" என்பது பல்லிணை அமைப்பின் பயனுறுதிறன் என்றும்

"d_g" என்பது பல்லிணை உருளையின் விட்டம் என்றும்

"d_w" எனபது வண்டிச் சக்கரத்தின் விட்டம் என்றும் கொண்டால் சிறு பற்சக்கரத்தின் விளிம்பில் உள்ள "F_P" என்ற இழுப்பு முயற்சி, இரயில் வண்டிச் சக்கரத்திற்குப் பல்லிணை அமைப்பு மூலம் மாற்றம் அடைகிறது. அங்ஙனம் மாற்றம் அடைந்த இழுப்பு முயற்சி F_t என்றால், இந்த இரு இழுப்பு முயற்சிகளுக்குள்ள தொடர்பு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$$F_t = \eta \times \frac{d_g}{d_w} \times F_P \quad \ldots \quad (2\text{-}43)$$

சமன்பாடு 2-42-ல் உள்ள F_P-யின் மதிப்பை, சமன்பாடு 2-43-ல் பதிலீடு செய்தால், ஓட்டும் சக்கரங்களின் இழுப்பு முயற்சி

$$F_t = \eta \times \frac{d_g}{d_w} \times \frac{2\tau}{d_p} \qquad \ldots \quad (2\text{-}44)$$

பல்லிணை விகிதம் γ = $\frac{\text{பல்லிணை உருளையின் விட்டம் } (d_g)}{\text{பினியனின் விட்டம் } (d_p)}$

இந்த விகிதத்தைச் சமன்பாடு (2-44)-ல் பதிலீடு செய்தால்

$$F_t = \eta \cdot \tau \cdot \frac{2\gamma}{d_w} \qquad \ldots \quad (2\text{-}45)$$

2-5-1. ஒட்டுதல் குணகம் (Co-efficient of adhesion)

மேற்குறித்த சமன்பாட்டின்படி, இயங்க வைக்கும் சக்கரங்களின் (driving wheels) இழுப்பு முயற்சியினை அதிகரிக்க, மோட்டார் திருக்கத்தை அதிகரிக்க வேண்டும் என்றறிகிறோம். ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லை வரையில்தான் மோட்டார் திருக்க அதிகரிப்பு, இழுப்பு முயற்சியை அதிகரிக்கச் செய்யும். அதற்கு மேற்பட்டால், இழுப்பு முயற்சியில் எவ்வித அதிகரிப்பும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனால், இரயில் வண்டிச் சக்கரங்கள் தண்டவாளத்துடன் ஒட்டியிராமல் நழுவும் நிலையினை அடைகின்றன. இங்ஙனம் வண்டிச் சக்கரங்கள் நழுவுகின்ற நிலைக்குத் தேவைப்படும் இழுப்பு முயற்சியின் பெரும அளவு இயங்கு அச்சுகளின் (driving axles) மேல் உள்ள உள்ளூரியங்கும் பொறியின் (locomotive) ஒட்டுதல் எடையை (adhesive weight) பொறுத்துள்ளது. ஆகவே

$$F_t \propto W_a.$$

(இதில் W_a என்பது உள்ளூரியங்கும் பொறியின் ஒட்டுதல் எடை (அலகு-டன்னி).

ஒட்டுதல் எடை (Adhesive Weight)

இயங்க வைக்கும் வண்டிச் சக்கரம் சுமந்து செல்லும் எடையினையே ஒட்டுதல் எடை என்கிறோம்.

$$F_t = \mu W_a.$$

இதில் உள்ள F_t-ன் அலகினை நியூட்டனில் குறிப்பிட வேண்டுமானால், இச் சமன்பாட்டினைப் பின்வருமாறு தருவிக்க வேண்டும்.

$$F_t = \mu \times (W_a \times 1000 \times 9{\cdot}81)$$
$$= 9810\, W \times \mu \qquad (2\text{-}46)$$

இதில் உள்ள 'μ' ஓட்டுதலின் குணகம் எனப்படும்.

$$\text{எனவே } \mu = \frac{F_t / 9810}{W_a} \qquad (2\text{-}47)$$

$$= \frac{\text{வண்டிச் சக்கரம் நழுவதற்குரிய இழுப்பு முயற்சி [டன்(னி)]}}{\text{உள்ளூரியங்கும் பொறியின் ஒட்டுதல் எடை [டன்(னி)]}}$$

ஒட்டுதலின் குணகம் என்பது வண்டிச்சக்கரம் நழுவதற்குரிய இழுப்பு முயற்சிக்கும் (Tractive effort to slip the wheel), உள்ளூரியங்கும் பொறியின் ஒட்டுதல் எடைக்கும் (adhesive weight) உள்ள விகிதம் ஆகும்.

ஓர் இரயில் வண்டியின் இழுப்பு முயற்சியை அதிகரிக்க இழுப்பு மோட்டார்களின் குதிரைத்திறனை (horse power) மட்டும் அதிகரித்தால் போதாது. அதே சமயத்தில், ஓட்டும் சக்கரங்களின்மேல் உள்ள எடையினையும் அதிகரிக்க வேண்டும். கீழே உள்ள அட்டவணை 2 2 ல், இந்தியன் இரயில்வேயில் மேற்கொள்ளப் படும் பெரும அச்சு எடை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 2-2.

வரிசை எண்	தண்டவாளத்தின் (Rail) நிறை	அச்சின் பெருமஎடை
1.	52 கிலோ கிராம்	29·46 டன்(னி)
2.	45 கிலோ கிராம்	25·40 டன்(னி)
3.	41 கிலோ கிராம்	22·90 டன்(னி)

ஆகவேதான் மின் இழுப்பு முறையில், ஓட்டும் சக்கரங்கள் இரயிலின் நீளப் போக்கில் பரவலாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஆனால், நீராவி இழுப்பு முறையில் இச்சக்கரங்கள் வெகு அருகில்

பொருத்தப்பட்டுள்ளன. மேலும், நீராவி இழுப்பு முறையில் உள்ள திருக்கம் அலைமோதுந் தன்மையாயிருப்பதால் (pulsating) இரயில்வண்டி ஆட்டத்துடன் செல்வதோடல்லாமல், தண்டவாளத்திலிருந்து நழுவுவதற்கேதுவாகிறது. ஆனால், மின் இழுப்பு முறையில் திருக்கம் ஒரே சீரான அளவிலேயுடையது.

ஒட்டுதலின் குணகம் இரயிலியின் வேகத்திற்கேற்றவாறு மாறுபடும். கீழே உள்ள அட்டவணை உலர்ந்த தண்டவாளத்தின் மீது செல்லும் இரயில் வண்டியின் வேகத்திற்கேற்ப, ஒட்டுதலின் குணகம் எங்ஙனம் மாறுபடுகின்றது என்பதைக் காட்டுகிறது.

வேகம் (கிலோ-மீட்டர்/மணி	0	15	30	45	60
ஒட்டுதலின் குணகம் (μ)	0·25	0·18	0·14	0·12	0·10

மேற்குறித்த ஒட்டுதலின் குணகம் ஒட்டுப்பண்பு அற்ற இருப்புப்பாதைக்குப் பொருந்தும். கொழுப்புப் பசை (greasy) தடவப்பட்ட இருப்புப்பாதைக்கு ஒட்டுதலின் குணகம் மேற்குறித்த அளவினை விடக் குறைந்திருக்கும். இரயிலின் வேகம் அதிகரித்தால், ஒட்டுதலின் குணகம் குறையும் என்று இதிலிருந்து புலனாகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 2-9.

100 டன் (னி) எடையுள்ள ஓர் இரயிலில் நான்கு மோட்டார்கள் உள்ளன. இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலையிலிருந்து முடுக்கம் பெறுவதற்கு ஒவ்வொரு மோட்டாரும் 3000 நியூட்டன்-மீட்டர்கள் இருசு திருக்கத்தினை (shaft torque) வெளிவிடுகின்றது. 0·9 சதவீத ஏறுசரிவில் இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலையிலிருந்து தொடங்கி, 40 கிமீ/மணி வேகத்தினை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தினைக் கணக்கிடுக. பல்லிணை விகிதம், பயனுறு திறன் ஆகியவை முறையே 3·5, 95%. ஓட்டும்-சக்கரங்களின் விட்டம் 1 மீட்டர். இருப்புப் பாதையின் தடை 50 நியூட்டன்/டன்(னி). இரயில் வண்டியின் விளைவு நிறையைக் (effective mass) கண்டுபிடிக்கத் தகுந்த ஊக அளவினைப் பயன்படுத்திக்கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B.E. செப்டம்பர் 1967)

தீர்வு :

இரயில் வண்டியின் நிலை எடை $W = 100$ டன்(னி).

சுழற்சி நிலைமம் 10 சதவீதமென ஊகித்துக் கொண்டால்,

இரயில் வண்டியின் முடுக்க எடை $W_e = 1{\cdot}1 \times 100$

$= 110$ டன்(னி)

பயனுறு திறன் $\eta = 0{\cdot}95$

மோட்டார்களினால் உண்டான திருக்கம் $\tau = 4 \times 3000$

$= 12{,}000$ நியூட்டன்கள்

பல்லிணை விகிதம் $\gamma = 3{\cdot}5$

இரயில் வண்டிச் சக்கரத்தின் விட்டம் $d_w = 1$ மீட்டர்.

இரயில் வண்டிச் சக்கரங்களின் இழுப்பு முயற்சி

$$F_t = \eta . \tau . \frac{2\gamma}{d_w}$$

$$= 0{\cdot}95 \times 12{,}000 \times \frac{2 \times 3{\cdot}5}{1}$$

$= 79{,}800$ நியூட்டன்கள்

சதவீதச் சரிவு $G = 0.9$

இருப்புப் பாதையின் தடை $\gamma = 50$ நியூட்டன்/டன்(னி)

இரயில் வண்டியின் முடக்கம் α கி.மீ/ம/வி எனக் கொண்டால் மொத்த இழுப்பு முயற்சி $F_t = 277{\cdot}8\ W_e \alpha + 98{\cdot}1\ WG + W\gamma$

$79{,}800 = 277{\cdot}8 \times 110 \times \alpha + 98{\cdot}1 \times 100 \times 0{\cdot}9 + 100 \times 50$

$79{,}800 = 30{,}558\ \alpha + 8829 + 5000$

$30{,}558\ \alpha = 79{,}800 - 13{,}829 = 65971$

$$\alpha = \frac{65{,}971}{30{,}558}$$

$= 2{\cdot}159$ கி.மீ/ம/வி

$$\text{முடக்க நேரம் } t_1 = \frac{V_m}{\alpha}$$

$$= \frac{40}{2{\cdot}159}$$

$= 18{\cdot}53$ வினாடிகள்

எடுத்துக்காட்டு 2-10.

எடுத்துக்காடு 2-9-ல் குறிப்பிட்டுள்ள நேர்மின்னோட்ட மோட்டார்களின் மின்னழுத்தம் 1500 வோல்ட்டும், அவற்றின் பயனுறு

திறன் 80 சதவீதமெனக் கொண்டால் பிளப்பு கால அளவில் (notching period)பாயும் மின்னோட்டத்தினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு :

மோட்டார்களின் பெரும மின் திறன்

$$P_m = \frac{0 \cdot 2778 \, F_t \, V_m}{\eta} \text{ வாட்கள்}$$

$$= \frac{0 \cdot 2778 \times 79{,}800 \times 40}{0 \cdot 8}$$

$$= 1109{,}000 \text{ வாட்கள்}$$

மொத்த மின்னோட்டம் $= \frac{1109{,}000}{1500} = 739 \cdot 3$ ஆம்பியர்கள்.

பிளப்பு கால அளவில், நான்கு மோட்டார்களும் இணை நிலையில் இருப்பதால், ஒவ்வொரு மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டம் $= \frac{739 \cdot 3}{4} = 184 \cdot 825$ ஆம்பியர்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 2-11.

மின் முறை உள்ளூரியங்கும் பொறியுடன் (electric locomotive) கூடிய 30) டன்(னி) மொத்த எடையுள்ள ஓர் இரயில்வண்டித் தொடர், 100-ல் 1 ஏறு சரிவில், 1-2 கி. மீ/ம/வி முடுக்கத்தில், முடுக்க மடையச் செய்யவேண்டும். இரயில்வண்டியின் தடை ஒட்டுதலின் குணகம், சுழற்சி நிலைமம் முறையே 60 நியூட்டன்/டன்னி 0·2, 10 சத வீதம் எனக் கொண்டால், உள்ளூரியங்கும் பொறியின் ஒட்டுதல் எடையினைக் கண்டுபிடிக்கவும். இந்த ஒட்டுதல் எடை உள்ளூரியங்கும் பொறியின் நிலை எடையில் 75 சத வீதம் அச்சுசுமை (axle load) 22 டன்(னி) அளவுக்கு மிகையாகாமல் இருக்க வேண்டுமானால், தேவைப்படும் அச்சுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடவும்

தீர்வு:

இரயில் வண்டியின் மொத்த நிலை எடை W = உள்ளூரியங்கும்பொறியின் எடை + இரயில்வண்டித் தொடரின் எடை
= 300 டன்(னி)

இரயில்வண்டியின் முடுக்க எடை $W_e = 1 \cdot 1 \, W$ டன்(னி)கள்.
$= 1 \cdot 1 \times 300$
$= 330$ டன்(னி)கள்

முடுக்கம் $\alpha = 1 \cdot 2$ கி. மீ/ம/வி

சத வீதச் சரிவு $G = \frac{1}{100} \times 100 = 1$

இரயில்வண்டியின் தடை $\gamma = 60$ நியூட்டன்/டன் னி). இந்த இரயில்வண்டித் தொடரின் இழுப்பு முயற்சி

$$Ft = 277 \cdot 8\, W_e \alpha + 98 \cdot 1\, WG + W\gamma$$

$$= 277 \cdot 8 \times 330 \times 1 \cdot 2 + 98 \cdot 1 \times 300 \times 1 + 300 \times 60$$

$$= 110{,}009 + 29430 + 18{,}000$$

$= 157{,}439$ நியூட்டன்கள்

$= \frac{157{,}439}{9 \cdot 81 \times 1000}$ டன்(னி)கள்

$= 16 \cdot 04$ டன்(னி)கள்.

ஒட்டுதல் எடை $W_a = \frac{\text{இழுப்பு முயற்சி [டன்(னி)]}}{\text{ஒட்டுதலின் குணகம்}}$

$$= \frac{16 \cdot 04}{0 \cdot 2}$$

$= 80 \cdot 2$ டன்(னி)கள்

உள்ளூரியங்கும் பொறியின் நிலை எடை $W_L = \frac{\text{ஒட்டுதல் எடை}}{0 \cdot 75}$

$\therefore\ W_L = \frac{80 \cdot 2}{0 \cdot 75} = 107 \cdot 3$ டன்(னி)கள்

அச்சுகளின் எண்ணிக்கை $= \frac{\text{உள்ளூரியங்கும் பொறியின் நிலை எடை}}{\text{அச்சு-சுமை}}$

$$= \frac{107 \cdot 3}{22} = 4 \cdot 877$$

$$= 5.$$

எடுத்துக்காட்டு 2-12.

100 மெட்ரிக் டன் ஒட்டுதல் எடையுள்ள ஓர் உள்ளூரியங்கும் பொறி, அதன் எடையுடன் சேர்த்து 500 மெட்ரிக் டன் மொத்த

எடையுள்ள ஓர் இரயில் வண்டியை 200-ல் 1 ஏறு சரிவில் முடுக்க மடையச் செய்கிறது. இயங்க வைக்கும் சக்கரங்களில் ஒட்டுதல் குணகம் 0·25 ஆகவும், இரயில் வண்டித் தடை 5 கிலோ கிராம்/மெட்ரிக் டன் ஆகவும் இருந்தால், கிடைக்கக்கூடிய பெரும முடுக்கத்தினை மதிப்பிடுக.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. மார்ச்சு 1966)

தீர்வு :

இரயில் வண்டியின் முடுக்கம் α கி.மீ/ம/வி எனக் கொள்வோம்.

சுழற்சி நிலைமம் = 10% என ஊகித்துக்கொண்டால் $W_e = 1{\cdot}1 W$

சதவீதச் சரிவு $G = \frac{1}{200} \times 100 = 0{\cdot}5$

இரயில் வண்டியின் தடை = 5 கிலோ கிராம்/மெட்ரிக் டன்

$\therefore \gamma = 5 \times 9{\cdot}81$ நியூட்டன்/மெட்ரிக் டன்

இரயில் வண்டி ஏறு சரிவில் செல்லும்பொழுது, அதன் முயற்சி $F_t = 277{\cdot}8\, W_e\, \alpha + 98{\cdot}1\, W_g + W\gamma$

$= 277{\cdot}8 \times 1{\cdot}1 \times 500\, \alpha + 98{\cdot}1 \times 500 \times 0{\cdot}5 + 500 \times 49{\cdot}05$

$= 152{,}790\, \alpha + 24525 + 24{,}525$

$= 152{,}790\, \alpha + 49{,}0\,50$ நியூட்டன்கள்.

ஆனால், இழுப்பு முயற்சி (F_t) = ஒட்டுதல் எடை $\times$ ஒட்டுதல் குணகம்.

$= 100 \times 0{\cdot}25$

$= 25$ டன்னி

$= 25 \times 1000 \times 9{\cdot}81$ நியூட்டன்கள்

$= 245{,}\ 250$

$\therefore 152{,}\ 790\, \alpha + 49{,}050 = 245{,}\ 250$

$\alpha = \frac{196{,}\ 200}{152{,}\ 790}$

$= 1{\cdot}284$ கி.மீ/ம/வி.

எடுத்துக்காட்டு 2-13.

120 டன்(னி) எடையுள்ள ஓர் உள்ளூரியங்கும் பொறி (locomotive) 480 டன் (னி) எடையுள்ள இரயில் வண்டித் தொடரை 1 கி.மீ/ம/வி முடுக்கத்தில் 0·5 சதவீத ஏறு சரிவில் முடுக்கமுறச் செய்கிறது. உள்ளூரியங்கும் பொறியின் ஒட்டுதல் எடை அதன் நிலை எடையில் 65% எனவும், சுழற்சி நிலைமம் 15 சதவீதம் எனவும், இருப்புப் பாதையின் தடை 40 நியூட்டன்/டன்னி எனவும் கொள்க. இந்த உள்ளூரியங்கும் பொறிக்கு உதவியாய். 150 டன்(னி) நிலை எடையில் 80% ஒட்டுதல் எடை கொண்ட மற்றோர் உள்ளூரியங்கும பொறியை இணைத்தால் (i) மேற்குறித்த அதே நிலைகளில், அதே ஏறு சரிவில் இழுத்துச் செல்லக் கூடிய பிந்து வண்டியின் எடை (trailing weight) (ii) ஏறு சரிவும் இழுப்பு சுமையும நிலையாயிருந்து, கிடைக்கும் பெரும முடுக்கம் (iii) முடுக்கம், இழுப்பு சுமை நிலையாயிருந்து, கிடைக்கும் பெரும சரிவு ஆகியவற்றினைக் கண்டு பிடிக்கவும.

தீர்வு :

(i) ஓர் இரயில் வண்டித் தொடரின், உள்ளூரியங்கும் பொறியின எடை உட்பட, மொத்த நிலை எடை 1 டன்(னி) எனக் கொண்டால், அந்த இரயில் வண்டித் தொடரின் இழுப்பு முயற்சி

$$F_t = 277 \cdot 8 \frac{W_e}{W} \propto + 98 \cdot 1\, G + Y \qquad \dots (1)$$

$$= 277 \cdot 8 \times 1 \cdot 15 \times 1 + 98 \cdot 1 \times 0\ 5 \times 40$$

$$= 319 \cdot 47 + 49 \cdot 05 + 40$$

இழுப்பு முயற்சி = 408 52 நியூட்டன்கள் டன்(னி), ... (2)

முதல் இரயில் வண்டித் தொடரின்

மொத்த நிலை எடை = 120 + 480

= 600 டன்(னி)கள்

ஆகவே, 600 டன்(னி) மொத்த நிலை எடையுள்ள முதல் இரயில் வண்டியின் இழுப்பு முயற்சி = 600 × 408·52

= 245,112 நியூட்டன்கள்...(3)

முதல் உள்ளூரியங்கும் பொறியின் பெரும இழுப்பு முயற்சி

$$= 9{\cdot}81 \times 1000\ W_a \times \mu \left(\because\ \mu = \frac{F_t/9{\cdot}81 \times 1000}{W_a} \right)$$

$$= 9{\cdot}81 \times 1000 \times (0{\cdot}65 \times 120) \times \mu$$

$= 9810 \times 78 \times \mu$ நியூட்டன்கள் ... (4)

சமன்பாடு (4), சமன்பாடு (3)-க்குச் சமம்

$$\therefore\ 9810 \times 78 \times \mu = 245{,}112$$

$$\mu = \frac{245{,}112}{9810 \times 78}$$

$$= 0{\cdot}3203$$

இரண்டு உள்ளூரியங்கும் பொறிகளின் மொத்த ஓட்டுதல் எடை

$$= 0{\cdot}65 \times 120 + 0{\cdot}8 \times 150$$

$$= 78 + 120$$

$= 198$ டன்(னி).

இந்த இரு உள்ளூரியங்கும் பொறிகளினால் ஏற்படும் பெரும இழுப்பு முயற்சி $= 9{\cdot}810 \times 1000 \times 198 \times 0{\cdot}3203$

$= 622{,}200$ நியூட்டன்கள் ... (5)

இரு உள்ளூரியங்கும் பொறிகளின் எடை + இவை இரண்டும் இழுக்கும் மொத்த பிந்து வண்டி எடை (trailing weight) W எனக் கொண்டால், மொத்த இழுப்பு முயற்சி

= [இழுப்பு முயற்சி/டன்(னி)] $\times W$

$= 408{\cdot}52 \times W$ ... (6)

சமன்பாடு (6)-ஐச் சமன்பாடு (5)-க்குச் சமப்படுத்தினால்

$W = \dfrac{622{,}200}{408{\cdot}52} = 1523$ டன்(னிகள்)

∴ தொடர் வண்டியின் எடை (trailing weight)

$= 1523 - (120 + 150)$

$= 1253$ டன்(னி)கள்.

(ii) மொத்த இழுப்பு சுமை $= 120 + 480 + 150$

$= 750$ டன்(னி)கள்

இச் சுமைக்குத் தேவைப்படும் இழுப்பு முயற்சி

$= (277{\cdot}8 \times 1{\cdot}15 \propto_m + 98{\cdot}1\, G + \gamma)\, 750$ நியூட்டன்கள்

இதில் G-யும், இழுப்பு சுமையும் நிலையானவை.

$= (277{\cdot}8 \times 1{\cdot}15 \propto_m + 98{\cdot}1 \times 0{\cdot}5 + 40)\, 750$

$= (319{\cdot}47 \propto_m + 89{\cdot}05)\, 750$ ... (7)

சமன்பாடு (7) = சமன்பாடு (5)

$$\therefore \quad 319{\cdot}47 \propto_m = \frac{622{,}250}{750} - 89{\cdot}05$$

$$319{\cdot}47 \propto_m = 829{\cdot}6 - 89{\cdot}05$$

$$= 740{\cdot}55$$

$$\propto_m = \frac{740{\cdot}55}{319{\cdot}47}$$

பெரும முடுக்கம் $= 2{\cdot}35$ கி.மீ ம வி

(iii) $[277{\cdot}8 \times 1{\cdot}15 \propto + 98{\cdot}1 \times G_m + \gamma)\, 750 = 622{,}200$

இதில் $\propto$-ம், இழுப்பு சுமையும் நிலையானவை.

$$\therefore \quad (319{\cdot}47 + 98{\cdot}1 \times G_m + 40)\, 750 = 622{,}200$$

$$98{\cdot}1\, G_m = \frac{622{,}200}{750} - 359{\cdot}47$$

$$= 829{\cdot}6 - 359{\cdot}47$$

$$= 470{\cdot}13$$

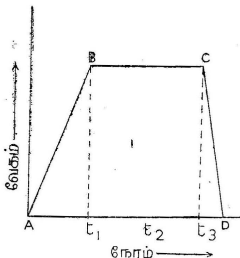
$$G_m = \frac{470{\cdot}13}{98{\cdot}1}$$

பெரும சரிவு $= 4{\cdot}792\%$

2-6. இழுப்பு மோட்டார்களுக்கான சிறப்பியல்புகள்

மின்முறை இழப்புக்குத் தேவைப்படும் மோட்டார்கள் அப் பணிக்கு உகந்தவாறு கீழ்க்கண்ட மின் சிறப்பியல்புகள், பொறி சிறப்பியல்புகள் ஆகியவற்றினைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

(1) திருக்க வேகச் சிறப்பியல்புகள் : வேக நேர வரை கோடாகிய படம் 2-14-ல் குறிப்பிட்டுள்ளபடி பார்க்கப்போனால், தொடக்க கால அளவில் (t_1) பெரும திருக்க முயற்சியினையும், மாறா நிலையான வேகத்தில் செல்லும் கால அளவில் (t_2) திருக்க முயற்சி இருப்புப் பாதையின் தடை, புவிஈர்ப்பு ஆக்கக் கூறு ஆகிய விசைகளுக்கு ஈடு செய்யும் அளவுக்குப் போதுமானதாகவும் இருக்க



படம் 2-14.
வேக நேர வரைகோடு

வேண்டும். அதாவது மாறா நிலையான வேகம் உயர்ந்த அளவுடையதாயிருந்தாலும் இக்காலப் பகுதியில் (t_2) தேவைப் படும் திருக்க முயற்சி மிகக் குறைவானதே. ஆகவே, இரயில் வண்டி இயக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார், மிக உயர்ந்த தொடக்கத் திருக்கத்தினை உடையதாகவும், உயர் வேகங்களில் திருக்கம் கீழ்நோக்கிச் சாய்வுறும்படியாகவும் உள்ள சிறப்பியல்பினைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

(2) மின் அழுத்தத்தின் ஏற்ற இறக்கங்கள் : இழப்பு முறைப் பணியில் தொடக்ககால அளவில் மிகுந்த வலிமையுள்ள பேரலை

வான உட்பாய்வு மின்னோட்டமிருப்பதால் (inrush currents) மின் தருவி மின்னழுத்தத்தில் பெருத்த ஏற்ற இறக்கம் ஏற்படுவது இயல்பானதோர் அம்சம் ஆகும். இந்த ஏற்ற இறக்க மின் அழுத்தத்தைத் தாங்கும் ஆற்றலை இழுப்பு மோட்டார் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

(3) இணை நிலை ஓட்டம் (Parallel running): இழுப்புமுறைப் பணியில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மோட்டாரைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. ஆகவே, இணை நிலையில் இயக்குவதற்கான தகுந்த வேக திருக்கம் மின்னோட்டத் திருக்கச் சிறப்பியல்புகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். மோட்டார் திருக்கம் அதன் வேகத்திற்கு எதிர் விகிதத்திலிருக்குமானால் அதன் வேக திருக்க பெருக்கற்பலன் ஒரு மாறிலியாக இருக்கும். மோட்டாரின் குதிரைத் திறன் அதன் வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்குமாதலால், குதிரைத் திறன் அளவும் நிலையாயிருக்கும். மோட்டாரின் இத்தன்மை மிகைச் சுமைகளுக்கு ஒரு தற்காப்பு பண்பினைக் (self relieving property) கொடுக்கிறது.

மோட்டார் மிகச் சுமையினைத் தாங்கும் திறமையும் தற்காப்புத் தன்மையும் உடையதாய் இருக்க வேண்டும். அதிகப் பேரலை யான மின்னோட்ட உட்பாய்வும், திசை போக்கு மாற்றியில் அடுத் தடுத்துள்ள துண்டுகளுக்கிடையே (adjacent commutator segment) மின் அழுத்தத்தினை ஏற்படுத்துவதால், சுடரொளி ஏற் படுகிறது. ஆகவே, இப்பணிக்குத் தேர்ந்தெடுக்கப்படும் மோட் டார்கள் மிகை மின்னோட்ட வலிமைக்கு ஈடு கொடுத்துத் தாங்கு வதுடன் சுடரொளி ஏற்படாமலும் இருக்கும்படி அமைக்கப்பட வேண்டும்.

(4) தற்காலிக மின்தொடர்பு அறுபடுதல்: இரயில் வண்டி யின் தொடுகம்பி அமைப்பினின்று குறுக்கிடும் பாதைகள் பாலங் கள் போன்ற இடங்களில் செல்லும்பொழுது தற்காலிகமாக மின் தொடர்பு அறுபட நேரிடும். ஆகவே, மோட்டார்கள் இத்தகைய தற்காலிக மின்னோட்ட குறுக்கீடுகளினால் பாதிக்கப்படாமல் இருக்க வேண்டும்.

(5) வேகக் கட்டுப்பாடும் மின்முறை நிறுத்தமும்: மோட்டார் கள் வேகக் கட்டுப்பாட்டிற்கு எளிதில் இணங்குந் தன்மையுடை யவைகளாக இருக்க வேண்டும். அதோடுமன்றி தடை மாற்றி நிறுத்தி, மீள் ஆக்க நிறுத்தி போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தி, இரயில் வண்டியினை விரைவில் தடுத்து நிறுத்தக் கூடியதாய் அமைந்திருக்க வேண்டும்.

ஆகவே இழுப்புப் பணிக்குத் தேவைப்படும் மின் மோட்டாரின் முக்கிய தேவைகள பின்வருமாறு :

(அ) மின் சிறப்பியல்புகள்

(1) உயர் தொடக்கத் திருக்கம்.

(2) தொடர்புல மோட்டாரின் வேக-திருக்க சிறப்பியல்பு. அதாவது சுமை அதிகரிக்க அதிகரிக்க, அந்த அளவுக்கு வேகம் குறையும்.

(3) வேகக் கட்டுப்பாடு எளிமையாகவும் சிக்கனமாகவும் இருக்கும்படி அமைக்கப்பட வேண்டும்.

(4) மீள் ஆக்க நிறுத்திக்கு உகந்தவாறு மின்மோட்டாரின் அமைப்பு இருக்கவேண்டும்.

(5) அதிக மின்னழுத்த ஏற்ற இறக்க வேறுபாடுகளிலும் நல்ல நிவர்த்திப்பான் (good commutation) கிடைக்கும்படி அமைக்கப்பட வேண்டும்.

(6) தொடரிணைக் கட்டுப்பாட்டிற்குத் தகுந்ததாயிருக்க வேண்டும்.

(ஆ) பொறி சிறப்பியல்புகள் (Mechanical Characteristics)

(1) தொடர்ச்சியான அதிர்வுகளைத் தாங்குந் தன்மையுடையதாகவும், கட்டுரம் வாய்ந்ததாகவும் இருக்கவேண்டும்.

(2) உருவத்தில் சிறியதாகவும் இலேசாகவும் இருக்க வேண்டும்.

(3) தூசி, ஈரம் போன்றவற்றினின்று பாதுகாப்பு அமைக்கும் வண்ணம் அமைந்திருக்க வேண்டும்.

மேற்குறிப்பிட்ட எல்லாத் தேவைகளையும் எந்த மோட்டாரினுலும் முழுமையாகப் பூர்த்தி செய்யமுடியாது.

2-7 இழுப்பு மோட்டார்கள்

இழுப்புப் பணிக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார்கள் பின்வருமாறு :

(1) நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார்.

(2) ஒருநிலை (single phase) மாறுதிசை தொடர்புல மோட்டார்.

(3) மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்.

(4) நேர் போக்குத் தூண்டல் மோட்டார்.

(1) நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார்.

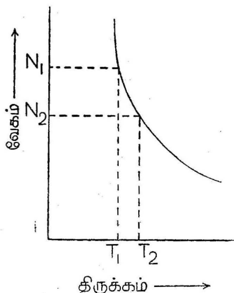
இழுப்புப் பணிக்குத் தேவைப்படும் பெரும்பான்மையான சிறப்பியல்புகளை, இந்த மோட்டார் பெற்றிருப்பதால், மின்முறை இருயில்வேயின் புறநகர்ப்பணி, நகர்ப்பணி போன்ற பணிகளுக்கும் பெரிதும் உகந்ததாயுள்ள சிறந்த இழுப்பு மோட்டாராக விளங்கி வருகிறது. இந்த மோட்டார் பெற்றிருக்கும் தனிச் சிறப்புகளாவன :

(i) திருக்க - மின்னோட்டம், வேக - திருக்க சிறப்பியல்புகள் : மின் முறை இழுப்புப் பணிக்கு, வண்டிச்சக்கரங்களில் கிடைக்கும் இழுப்புவிசை, மோட்டார் சுழல்தண்டின் திருக்கத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். அதாவது குறைந்த வேகங்களில் அதிக திருக்கமும், உயர்வேகங்களில் குறைந்த திருக்கத்தினையும் கொண்டிருக்க வேண்டும். நேர்மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டார் தொடக்கத்தில் உயர்ந்த திருக்கத்தினைக் கொடுக்க வல்லது. கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்திற்கு, தொடக்கத்திருக்கம் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கங்களைச் சார்ந்திராது. இந்த மோட்டார் தன்னிச்சையாக ஓடும் அதிக வேகத்தினைக் கொண்டது (high free running speed). மோட்டாரின் திருக்கம் அதிகமானுல் தானகவே அதன் வேகம் குறைந்துவிடும் தன்மையினையுடையது.

(ii) குறைவான எடையும், உயர்ந்த தொடக்கத் திருக்கத்தினையும் கொண்டதால் இம் மோட்டார்கள் உயர் முடுக்க அளவினைக் (high acceleration) கொடுக்கக் கூடியவை.

(iii) மின் சுமைப் பகிர்வு (Load Sharing): படம் 2-15 நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் வேக வளை கோட்டினைக் காட்டுகிறது. வெவ்வேறு இயங்கு வண்டிச் சக்கரங்களில் ஏற்படும் தேய்வு அச் சக்கரங்களின் விட்டங்கள் சரிசமமாக இல்லாததினல், மோட்டார்கள் இணைந்து செல்லும் பொழுது, திருக்கம் அல்லது மின்னோட்டத்தினைப் பகிர்ந்து கொள்ளும் அளவில் சரிசமமாக இராது சிறிது வித்தியாசம் ஏற்படுகிறது. ஆனல், நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டார்களின் வேக திருக்கம் (அல்லது வேக மின்னோட்டம்) சிறப்பியல்பு செங்குத்தாக, சரிவாக இருப்பதால் மேற்

குறித்த வித்தியாசம் மிகச் சிறுமமாக இருக்கும். ஆகவே, இம் மோட்டார்கள் இணை நிலையில் இணைந்து இயங்குவதற்குப் பெரிதும் உகந்தவை.



படம் 2-15.

நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் வேக திருக்க வளைகோடு

(iv) இந்தத் தொடர்புல மோட்டார்களில் காந்தத் தெவிட்டு நிலை வரையில் திருக்கம், மின்னக மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். ஆகவே, கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்திற் கொப்பான திருக்கம் மின் தொடரில் ஏற்படும் மின்னழுத்த மாறுதல்களினால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. மேலும், கொடுக்கப்பட்ட திருக்க அதிகரிப்புக்கு இணையான மின்னோட்ட அதிகரிப்பின் அளவு மிகக் குறைவு. இதனால் தொடர்புல மோட்டார்கள் அதிக பாரமான சுமை திருக்கத்தினைத் தாங்கும் தன்மையுடையவைகளாய் விளங்குகின்றன.

(v) தொடர்புல மோட்டாரில் சுமை திருக்கம் அதிகமானால் மின்னக மின்னோட்டம் அதிகரித்து மின்னக வேகத்தினைக் குறைக்கிறது. இதனால் திசை போக்கு மாற்றத்திற்கு (Commutator's) உட்பட்டிருக்கும் சுருள்களில் உண்டாகும் தூண்டல் மின்னியக்கு விசையின் அளவு குறைந்து தீப்பொறியற்ற திசை மாற்றம் கிடைக்க ஏதுவாகிறது. ஆகவே, இம் மோட்டாரில் திசை

போக்கு மாற்றுந் தன்மைகள் மிகவும் நன்ருக அமைந்துள்ளன. இதனல் பிரஷ்களைப் புதுப்பித்தல், திசை மாற்றி அமைப்பின் தேய்வு ஆகியவை குறைவாக இருக்கும்.

(vi) தொடர்புல மோட்டார் திடீர் மின்னழுத்த உயர்வுக்கு உள்ளாக்கப்பட்டால், மோட்டார் சுற்றதரில் உள்ள மதிப்பினைப் (impedance) பொறுத்து, உட்பாயும் பேரலை மின்னோட்ட அளவு (in-rush current) இருக்கும். மின்னோட்டம் அதிகமானுல், காந்தப் பாய்வு அதிகரிக்கிறது. இதனல் பின் மின்னியக்கு விசை அதிகரித்து, மின்னோட்ட அளவினைக் குறைக்கிறது. ஆகவே, திடீர் மின்னழுத்த உயர்வினல் ஏற்படும் பேரலை மின்னோட்ட அளவு குறைவதுடன், அது நிலைத்திருக்கும் கால அளவும் மிகக் குறைவான நேரமாகும்.

(vi) மின் தருவி தடைபட்டால், மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டம் விரைவில் சுழி மதிப்பினையடையும் ஏனெனில் புலச் சுருளின் நேரமாறிலி time constant) குறைவு இதனல் மோட்டார் மெதுவாகச் செல்லத் தொடங்கும். மீந்தக் காந்தப் பாய்வினல் (residual magnetism), மோட்டாரில் சிறிதளவு பின் மின்னியக்கு விசை உண்டாகும். திடீரென மின் தருவியினின்று மின்தொடர்பு பெற்றுல், மின் தருவி மின்னழுத்தத்திற்கும் பின் மின்னியக்கு விசைக்கும் அதிக வித்தியாசமேற்பட்டு பெருத்த மின்னோட்ட உட்பாய்வு (inrush) உண்டாகிறது. மோட்டார்ச் சுருணையின் தூண்டம் (inductance) இந்த மிகை மின்னோட்ட உயர்வினை எதிர்க்கிறது. இதனல் மின்னோட்டம் விரைவில் உயர்மதிப்பினை அடைய முடிவதில்லை. இதனல் தற்காலிகமாக மோட்டாருக்கு மின் தொடர்பு அறுபட்டு, மீண்டும் புதுப்பிக்கப்பட்டால், ஆரம்ப உட்பாய்வு மின்னோட்ட அளவு மிக அதிகமாக இருக்காது.

(viii) வெவ்வேறு வகையான கட்டுப்படுத்திகளைக் (controllers) கொண்டு, இந்த மோட்டார்களின் வேகங்களைக் கட்டுப்படுத்த முடிகிறது.

(ix) இம் மோட்டார்களை மீன் ஆக்க நிறுத்தி அமைப்புக்கு உகந்ததாய்ச் செய்ய வேண்டுமானுல், இந்த மோட்டார் அமைப்பில் சில மாற்றங்கள் தேவை. இதர துணைக் கருவிகளும் தேவைப்படுகின்றன. ஆகவே, இந்த அமைப்புக்குத் தேவைப் படும் முதலீடு அதிகமாவதுடன், பராமரிப்புச் செலவும் அதிக மாகிறது.

நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டாரின் எளிமை திண்மை ஆகியவை எல்லாவகை இழுப்புப் பணிகளுக்கும் உகந்த தாக இருக்கிறது. குறிப்பாக உயர் தொடக்கத் திருக்கமும், உயர் முடுக்கமும் தேவைப்படும் புறநகர்ப்பணிக்கு இம் மோட்டார் பெரிதும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. 60 முதல் 90 வரை குதிரைத் திறனும் 4 முதல் 5·5 கிலோகிராம் குதிரைத் திறன் எடையும் கொண்ட இம் மோட்டார்களைச் சாலை இருப்பூர்தி வண்டி களுக்கும், மின்னூர்தி வண்டிகளுக்கும் (trolley buses) பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இரயில்வேப் பணிகளுக்குப் பயன்படுத்தப் படும் மிகப் பெரிய மோட்டார்களின் எடை 9 அல்லது 14 கி.கி/ குதிரைத் திறன் அளவுடையதாக இருக்கும்.

(2) ஒருந்தி (Single phase) மாறுதிசை மின்னோட்ட தொடர் நிலை மோட்டார்

ஒருந்தி மாறுதிசை மின்தருவி அமைப்புடன் இணைக் கப்படும் மோட்டாரின் செயல், வடிவமைப்பில் ஏற்படும் சிக்கல் ஆகியவை கருதியே, தொடர்நிலை மோட்டார்கள் இழுப்பு முறைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஈடு செய்யப்பட்ட தொடர்புல வகை போக்கு மாற்றி மோட்டார் (compensated series type commutator motor), மற்ற ஒருந்தி வகை மோட்டார் களைக் காட்டிலும் இழுப்பு முறைப் பணிக்குப் பெரிதும் பயன் படுத்தப்பட்டு வருகிறது. நேர் மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டா ரின் சிறப்பியல்புகளைப்போல், இந்த மோட்டாரின் சிறப்பியல்பு கள் அமைந்திருக்கின்றன. எனினும், இத்தகைய மோட்டார் களைத் தொடக்கும் பொழுதுள்ள மின்திறன் காரணி மிகக் குறைவா யிருப்பதால், இவற்றின் தொடக்கத் திருக்கம் நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்களின் தொடக்கத் திருக்கத்தினைக் காட்டிலும் மிகக் குறைவு. ஆகவே, இத்தகைய மோட்டார்களின் உயர் முடுக்க மும், அடிக்கடி நிறுத்தி ஓட்டுவதற்கேற்ப அமைந்துள்ளன. புறநகர்ப்பணிக்கு உகந்ததல்ல. இத்தகைய மோட்டார்கள் தலை யாய இருப்புப்பாதைப் பணிக்கும் (main line work) பயன்படுத்தப் படுகின்றன. சுவிட்சர்லேண்டு, ஜெர்மனி, அமெரிக்கா போன்ற இடங்களில் தலையாய இருப்புப்பாதைப் பணிக்கு (main lines) இம் மோட்டார்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இந்த மோட்டார்கள் 300 முதல் 400 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தில் $16\frac{2}{3}$ அல்லது 25 சுற்றுகள்/விநாடி கொண்ட அலைவெண்ணில் இயக்கப்படுகின்றன. இங்ஙனம் குறை அலைவெண்ணில் இயக்கப்படும் மோட்டார்களின் வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்பின் செங்குத்துச் சரிவு அதிகம். ஆகவே இம் மோட்டார்களுக்குத் தேவைப்படும் மின்னழுத்த இயக்கப்படி

களின் (voltage steps) அளவு குறைவு. வண்டிச்சக்கரங்களின் தேய்வினால் மோட்டார்கள் பகிர்ந்து கொள்ளும் மின்சுமை அளவுகளில் ஏற்படும் வித்தியாசமும் மிகக் குறைவாயிருக்கும்.

(3) மூவுந்தி தூண்டல் மோட்டார்

எல்லா வகை மாறுதிசை மூவுந்தி மோட்டார்களிலும், தூண்டல் மோட்டாரே இழுப்பு முறைப் பணிக்கு உகந்தது. இம் மோட்டார்கள் திண்மை, தொல்லையற்ற இயக்கம், குறைந்த பராமரிப்பு, உயர்மின்னழுத்த இயக்கம் போன்ற மேம்பாடுகளையுடையன. தவிர சரிவுகளில் செல்லும் பொழுது இயல்பாக ஏற்படும் மின் ஆக்க நிறுத்தம், திசைபோக்கு மாற்றுந் தொல்லையற்ற அமைப்பு, உயர் பயனுறுதிறன் போன்ற மேன்மைகளையும் பெற்றுள்ளன. எனினும், இம் மோட்டாரினைத் தொடக்குவதற்குப் பெரிய உருவளவான தடைமாற்றி தேவைப்படுகிறது. வேகக் கட்டுப்பாட்டிற்கான, புலமுனை மாற்ற அமைப்புடன் இதர துணைக்கருவிகளும் தேவைப்படுகின்றன. மேலும், இம் மோட்டாரின் தட்டையான வேக-திருக்க சிறப்பியல்பு, பல வண்டிக் கூறுகளடங்கிய தொகுப்புப் பணிக்கு ஒவ்வாதது. தவிரவும் நிலையான வேகம், தலைமிசை மின்னூட்ட அமைப்பிலுள்ள சிக்கல போன்றவை இப் முறையிலுள்ள குறைகளாகும் ஆகவே, இழுப்பு முறைப்பணிக்கு இவ்வகை மோட்டாரைப் பயன்படுத்தும் முறை வழக்காற்றிலிருந்து விலக்கப்பட்டு வருகிறது.

(4) நேர் போக்குத் தூண்டல் மோட்டார் (Linear induction motor)

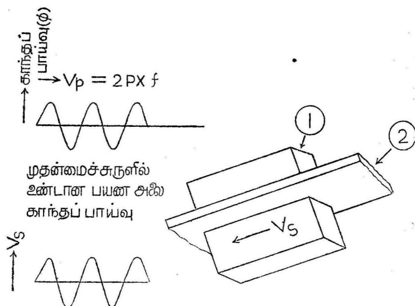
வழக்காற்றில் உள்ள மின் தூண்டல் மோட்டாரில், நிலையி, சுழலி ஆகியவற்றில் உண்டான காந்தப் பாய்வுகளின் செயலெதிர்ச் செயலினால் (inter action), நிலையியினைப் பொறுத்து, சுழலியின் சார்பு இயக்கம் (relative motion) ஏற்படுகிறது. சுழலியும். நிலையியும் உருளை வடிவ அமைப்புகளில செய்யப்பட்டுள்ளதல், தோற்றுவிக்கப்பட்ட இயக்கம், இரயில் வண்டிச் சக்கரங்களைச் சுழலச் செய்து, இழுத்துச் செல்லும் இயல்புடையதாயுள்ளது. இந்தச் சுழற்சி இயக்கம, நேர்கோட்டியக்கமாக மாற்றப்பட வேண்டும்.

தூண்டல் மோட்டாரின் நிலையி, சுழலி ஆகியவற்றை இணை நிலைத் தளங்களில் சீராக அமைத்து, சரிப்படுத்தினால், நேர் போக்கு இழுவிசை (linear pull) உண்டாகிறது. இப்படிப்பட்ட இழுவிசை சுழற்சி இயக்கத்தில் இருந்து நேர்கோட்டு இயக்

கத்திற்கு மாருமலேயே கிடைப்பதால், ஒட்டுப் பண்பின்றியே இழுப்பு முயற்சி கிடைக்கிறது.

நேர் போக்குத் தூண்டல் மோட்டார் ஓர் அலுமினியத் தகட்டு வடிவத்தில் செய்யப்பட்டு அதன் நுனிப்பகுதி இருப்புப் பாதையில் நடுவில் பொருத்தப்படுகிறது (படம் 2-16). இதனைத் தொழிலியல் சொல்லில், ''எதிர்வினை இருப்புப் பாதை'' (reaction rail) என்று கூறுவர்.

மின்சாரகார் (car) சுமந்து செல்வது மூவுந்தி நிலையியின் சுருணையாகும். இச் சுருணையை இரண்டாகப் பிரித்து, எதிர்வினை இருப்புப்பாதைக்கு (reaction rail) இருபுறத்திலும் இருக்கும்படி



துணைச் சுருணையாக விளங்கும் எதிர்வினை இருப்புப்பாதையில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்

படம் 2-16.
எதிர்வினை இருப்புப்பாதை

(1) வண்டியுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ள முதன்மை மூவுந்திச் சுருணை (Primary poly phase winding attached to vehicle)

(2) தண்டவாளத்துடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள துணை அல்லது எதிர்வினை இருப்புப்பாதை Secondary or reactions rail fixed to track)

அமைக்கப்பட்டுள்ளது. கார் வண்டி (car) இந்த இருப்புப்பாதையின் மீது சுமார் 4 மிமீ. காற்று இடைவெளியில் இயங்க வலலது. மூவுந்தி மின்னோட்டத்தினை முதன்மைச் சுருளுக்கு வழங்கினல்,

பயண காந்த அலை ஏற்பட்டு பின்புறமாக இயங்குகிறது. இந்தப் பயண காந்த அலைப் பரப்பலின் வேகம் (travelling magnetic wave propagation speed) $V = 2P \times f$ என்ற வாய்பாட்டின் மூலம் பெறலாம். இந்தப் பயண காந்தக் அலைப் புலத்திற்கும், எதிர்வினை இருப்புப்பாதையில் ஏற்படும் குறுக்குச்-சுற்றதர் மின்னோட்டங்களுக்கும் இடையே ஏற்படும் செயலெதிர்ச செயல் (interaction) காரணமாக விசை ஏற்பட்டு முகன்மைச் சுருளினை முன்னேக்கிச் செலுத்துகிறது இத்தகைய மோட்டாரின் இழுப்பு முயற்சி, நழுவலினைப் பொறுத்துள்ளது. மோட்டாருக்கு வழங்கும் மின தருவியின் அலைவெண்ணைச் சரிசெய்து மோட்டாராக இயங்கும் கால அளவில் சிறிதளவு நேர்குறி நழுவலினையும், சறுக்கிச் செல்லும் கால அளவில் சிறிது அளவு எதிர்குறி நழுவலினையும் உண்டாக்குகிறது.

பணிமனைகளின் உட்புறப் போக்குவரத்துக்காக உள்ள மின்னூர்திக் கார் வண்டியாக (trolley cars) இதனைப் பயன்படுத்தலாம். பாரமான இரயில் வண்டியினை ஓய்வு நிலையிலிருந்து முடுக்கி விடுவதற்கு, மின் நிரப்பி முடுக்கியாகப் (Booster accelerator) பயன்படுத்தலாம். 200 கி.மீ/மணி வேகத்திற்கு மேற்பட்ட வேகத்தினையும் நேர்ப் போக்குத் தூண்டல் மோட்டாரின் மூலம் பெறலாம். காந்தத் தொங்கு வகை மின் தொடர் இரயில் வண்டிகளுக்குத் (magnetically suspended trains) தேவையான இயக்கத் திறனை வழங்கும் சிறந்த மின் தோற்றுவாயாக இந்த நேர்ப் போக்கு மோட்டார்கள் பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 2-14.

மூவுந்தி (Three phase) தூண்டல் மோட்டார்களுடன் இணைக்கப்பட்ட, வடிவொத்த இரண்டு உள்ளூரியங்கும் பொறிகள் (loco-motives), பாரமான இரயில் வண்டி ஒன்றினை இழுத்துச் செல்கின்றன. ஒவ்வோர் உள்ளூரியங்கும் பொறியின் மோட்டார், 20,000 நியூட்டன் மீட்டர்கள் அளவுள்ள முழுத்திருக்கத்தினைக் கொடுக்கும் பொழுதுள்ள நழுவல் 3 சதவீதம். உள்ளூரியங்கும் பொறி ஒன்றினை இயங்கவைக்கும் சக்கரங்களின் விட்டம் 1 மீட்டர். மற்றப் பொறியிலுள்ள தேய்வுற்ற சக்கரங்களின் விட்டம் 98 செ.மீ. இழுப்பு முயற்சிக்காக இயங்கவைக்கும் சக்கரங்களில் தேவைப்படும் மொத்த திருக்கம் 30,000 நியூட்டன்-மீட்டர்களென்றல், மொத்த திருக்கத்தினை இரண்டு உள்ளூரியங்கும் பொறிகள் பகிர்ந்துகொள்ளும் விகிதத்தினைக் கண்டுபிடிக்கவும். மோட்டாரின் இயக்க நிலை நெடுக்கத்தில்

(operating range)' அதன் திருக்க - வேக சிறப்பியல்பு நேர் கோடாய் உள்ளதெனக் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B.E. மார்ச்சு 1967)

தீர்வு :

இக் கணக்கின் தீர்வினை வரைபடம் மூலம் கண்டுபிடிப்பது எளிது. இரயில் வண்டிச் சக்கரத்தின் பரிதி வேகமாகிய (Peripheral speed) $V = \pi ND$-யினை Y அச்சில் குறிப்பீடுக. இதில் N என்பது இயங்க வைக்கும் வண்டிச் சக்கரத்தின் சுழற்சி வேகம், D என்பது அதன் விட்டம்.

படம் 2-17.
கணக்கின் தீர்வினைக் காணும் வரைபடம்

X அச்சு 1 செமீ. 4000 நி.மீ.

Y அச்சு 1 செமீ. $= 0{\cdot}01\ \pi Ns$.

முதல் உள்ளூர் இயங்கும் பொறியின் சக்கரத்தின் D_1 = 1 மீட்டர் எனவும், இதன் வேகத்தினை ஒத்தியங்கு வேகத்திற்குச் (N_s) சமமாக எடுத்துக்கொண்டால், இச் சக்கரங்களின்

பரிதி வேகம் $= \pi \times N_3 \times D_1 = \pi N_8$ மீட்டர். இதனை A என்னும் புள்ளியின் மூலம் Y அச்சில் குறிப்பிடுக.

அதேபோல் இரண்டாவது உள்ளூரியங்கும் பொறி, ஒத்தியங்கு வேகத்தில் சென்றால், அதன் பரிதிவேகம் $= \pi N_8 \times D_2 = 0{\cdot}98\, \pi N_8$ மீட்டர். இதனை C என்னும் புள்ளியின் மூலம் Y அச்சில் குறிபபிடுக.

மையத்தின் (படம் 2-17) வலப் புறத்தில் உள்ள X அச்சு முதல் உள்ளூரியங்கும் பொறியிலுள்ள இழுப்பு முயற்சியைக் (அலகு நியூட்டன் மீட்டர்) குறிப்பதாகவும், இடப் புறத்தில் உள்ள $-X$ அச்சு இரண்டாவது உள்ளூரியங்கும் பொறியிலுள்ள இழுப்பு முயற்சியினைக் குறிப்பிடுவதாகவும் கொள்வோமாக. ஒவ்வொரு உள்ளூரியங்கும் பொறியினுள் உள்ள மோட்டார், 20,000 நியூட்டன் மீட்டர்கள் அளவுள்ள முழுத் திருக்கத்தினைக் கொடுக்கும்பொழுது ஏற்படும் நழுவல் 3 சதவீதம். எனவே, முதல் மோட்டாரின் முழுத் திருக்கம் 20,000 நியூட்டன்-மீட்டராக இருக்கும்பொழுதுள்ள பரிதி வேகம் $= \pi D_1 N_8 (1-S) = 0{\cdot}97\, \pi N_8$ மீட்டர். இதனை, P என்னும் புள்ளியின் மூலம் "Y" அச்சில் குறிப்பிடுக. 20,000, $0{\cdot}97\, \pi N_3$ அச்சுத் தூரங்களைக் கொண்ட 'B' என்னும் புள்ளியினை வரைபடத்தில் குறிப்பிடுக. AB என்ற நேர்கோடு முதல் மோட்டாரின் வேக திருக்கத்தினைக் குறிக்கிறது. இரண்டாவது மோட்டாரின் முழுத் திருக்கம் 20,000 நியூட்டன் மீட்டராக இருக்கும்பொழுது உள்ள பரிதி வேகம் $\pi D_2 N_8 (1-S) = 0.98\, \pi N_3 \times 0.97 = 0{\cdot}9506\, \pi N_8$ மீட்டர். $-$ 20,000, $0{\cdot}9506\, \pi N_3$ அச்சுத் துவாரங்களைக் கொண்ட C என்னும் புள்ளியினை வரைபடத்தில் குறிப்பிடுக. CD என்ற நேர்கோடு இரண்டாவது மோட்டாரின் வேக-திருக்க சிறப்பியல்புகளைக் குறிக்கும்.

இரு உள்ளூரியங்கும் பொறிகள் ஒன்றாக இணைந்து செல்லும்பொழுது, அவற்றினுடைய பரிதி வேகம் ஒரே அளவுடையதாக இருக்கும். $0{\cdot}98\, \pi N_3$ பரிதி வேகத்தில், முதல் மோட்டாரின் இழுப்பு முயற்சி, சுழி மதிப்பினையுடையது (zero). அதே வேகத்தில், இரண்டாவது மோட்டாரின் இழுப்பு முயற்சியினைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்:

PB என்ற நேர்கோட்டிற்கு, இணையாக, C என்னும் புள்ளி வழியாக CQ என்ற நேர்கோட்டினை வரைந்தால், AB என்னும் நேர்கோட்டினை Q என்னும் புள்ளியில் வெட்டும்.

$\therefore \quad \triangle CQA \;|||\; \triangle PBA$

$$\frac{CQ}{PB} = \frac{AC}{AP}$$

$$\frac{CQ}{20{,}000} = \frac{0{\cdot}2\,\pi\,N_s}{0{\cdot}3\,\pi\,N_s}$$

$$\therefore \quad CQ = \tfrac{2}{3} \times 20{,}000 = 13{,}333 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்.}$$

இரு மோட்டார்களின் வேக-திருக்கத்தினை நோக்கும்பொழுது, $0{\cdot}98\,\pi\,N_s$ பரிதி வேகத்திற்கு மேல் முதல் மோட்டார், இரண்டாவது மோட்டாரின் இழுப்பு-முயற்சியினைவிட, 13,333 நியூட்டன்-மீட்டர் அளவு அதிகமான இழுப்பு முயற்சியினை எடுத்துக் கொள்கிறது.

ஆகவே, இரு மோட்டார்களின் மொத்த திருக்கம் 30,000 நியூட்டன்-மீட்டராக இருக்கும்பொழுது, இரண்டாவது மோட்டாரின் இழுப்பு முயற்சி

$$\frac{30{,}000 - 13{,}333}{2} = 8333{\cdot}5 \text{ நியூட்டன்-மீட்டர்}$$

முதல் மோட்டாரின் இழுப்பு முயற்சி $= 8333{\cdot}5 + 13{,}333$
$= 21{,}666{\cdot}5$ நி.மீ.

வரை படத்தில் GEF என்ற நேர்கோடு 30,000 நியூட்டன்-மீட்டர் அளவினைக் குறிக்கிறது.

$$\frac{\text{முதல் மோட்டாரின் திருக்கம்}}{\text{இரண்டாவது மோட்டாரின் திருக்கம்}} = \frac{21{,}665{\cdot}5}{8333{\cdot}5} = 2{\cdot}6$$

அதாவது 2·6 : 1 என்ற விகிதத்தில் பகிர்ந்துகொள்ளும்.

2·8 மின்முறை இழுப்பு மோட்டாரின் கட்டுப்பாடு (Traction Motor Control)

(1) நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டாரின் கட்டுப்பாடு (Control of D.C. Series Motor)

நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டாரைத் தொடக்கும் பொழுது உண்டாகும் மின்னோட்டத்தின் அளவைத் தொடக்க மின்

தடை மாற்றியைக் (starting rheostat) கொண்டு மோட்டாரின் இயல்பு திட்டவரை மின்னோட்ட (normal rated current) அளவுக்குள் கட்டுப்படுத்தலாம். இம் முறையில் தொடக்க மின் தடை மாற்றியில் அதிக மின்னாற்றலிழப்பு (loss of energy) ஏற்படுகிறது.

மின் தடை மாற்றித் தொடக்கியைப் (rheostat starter) பயன்படுத்தி ஒரு தனி மோட்டாரைத் தொடங்கச் செய்வதாகக் கொள்வோம். தொடக்க காலப் பகுதியில் இம் மோட்டாரில் பாயும் சராசரி மின்னோட்டத்தின் அளவு, அதன் இயல்பு முழுச்சுமை மின்னோட்டத்திற்குச் (normal full load current) சமமாகக் கொள்வோம்.

V = தருவி மின்னழுத்த முழு அளவு (full supply voltage) (அலகு—வோல்ட்டுகள்)

I = தொடக்க காலப் பகுதியாகிய T வினாடிகளில் மோட்டாரில் பாயும் சராசரி மின்னோட்டம் (அலகு—ஆம்பியர்கள்)

R_h = தடைமாற்றித் தொடக்கியின் மொத்த தடையின் அளவு (அலகு—ஓம்கள்)

R = மோட்டாரின் மின்னகம் (armature), புலம் (field) ஆகியவற்றின் மொத்த மின் தடை (அலகு ஓம்கள்)

E_b = பின் மின்னியக்கு விசையின் முழு அளவு (back e.m.f) [அலகு—வோல்ட்டுகள்].

e_b = 't' வினாடிகால நேரத்தில் உண்டான பின் மின்னியக்கு விசையின் அளவு (அலகு-வோல்ட்டுகள்).

v_R = 't' வினாடிகால நேரத்தில் தொடக்கத் தடைமாற்றியில் ஏற்பட்ட மின்னழுத்த வீழ்ச்சி.

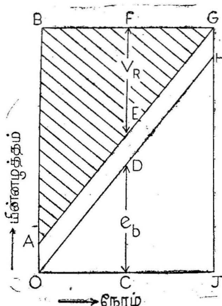
V_R = தொடங்குவிக்கும் பொழுது தடை மாற்றியில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி.

Tt = மொத்த தொடக்க கால நேரம், (அலகு—வினாடிகள்).

t = தொடக்க காலப் பகுதியில் ஏதேனும் ஒரு சிறு குறிப்பிட்ட நேரப் பகுதி (அலகு—வினாடிகள்).

மோட்டாரைத் தொடங்குவிக்கும்பொழுது, பின் மின்னியக்கு விசை சுழி (zero) மதிப்பு ஆகும். அப்பொழுது I ஆம்பியர் மின்னோட்டம் மின் தருவாயிலிருந்து (supply) பெறப்படுகிறது. எனவே, தருவாயின் மின்னழுத்தளவாகிய V வோல்ட்டுகள்

மோட்டார் மின்னகத்திலும் அதன் புலத்திலும் (armature and field) ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (IY). மின்தடைத் தொடக்கியில் உண்டாகும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (IR) ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம். படம் 2-18(அ)ஐக் கவனிக்கவும்.



படம் 2-18 (அ)

நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டாரின் கட்டுப்பாடு

அதாவது $OB = OA + AB.$

$$V = IR + V_R. \qquad (2\text{-}48)$$

மோட்டார் மின்னகத்தின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, பின் மின்னியக்கு விசையும் அதிகமாகும். தொடக்க காலப்பகுதி ஏதேனும் ஒரு சிறு அளவு நேரத்தில், தருவாயின் மின்னழுந்த அளவாகிய V வோல்ட்டுகள் மோட்டாரின் அத் தருணத்தில் உண்டான பின் மின்னியக்கு விசை (e_b) மோட்டாரின் மின்னகத்திலும் புலத்திலும் ஏற்பட்ட மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (Ir) அத் தருணத்தில் உள்ள தடைத் தொடக்கியில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (IRt) ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம். படம் 2-18(அ)ஐக் கவனிக்கவும். அதாவது 't' விநாடி கால நேரத்தில்தருவாய் மின்னழுத்தம் கீழ்க்கண்டவாறு பகிர்ந்து கொள்ளப்படுகிறது.

$$CF = CD + DE + EF.$$

$$\therefore \quad V = e_b + I_R + V_R, \qquad \ldots \quad (2\text{-}49)\ (அ)$$

தொடக்க காலப் பகுதியின் முடிவில், பின் மின்னியக்கு விசையின் அளவு முழு மதிப்பைப் பெறுகிறது (E_b). அப்பொழுது தொடக்க மின் தடை மாற்றியின் தடையளவு சுழியாகும். எனவே, தருவாய் மின்னழுத்தம் = பின் மின்னியக்கு விசையின் முழு அளவு (E_b), மோட்டாரின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (Ir) ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம் [படம் 2-18 (அ)]

அதாவது $JG = GH + HG$.

$$= E_b + Ir \qquad \ldots \quad (2\text{-}49)\ (ஆ)$$

எனவே, தொடக்க மின் தடை மாற்றியில் 'T' விநாடி தொடக்க காலப் பகுதியில் ஏற்பட்ட மின்னாற்றலின் மொத்த இழப்பு

= கோடிட்ட முக்கோணப் பகுதியின் பரப்பு $\times I$.

= $\triangle ABG$-ன் பரப்பு $\times I$.

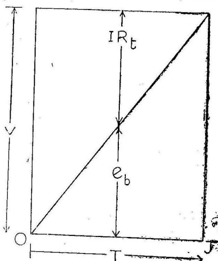
$= \frac{1}{2} AB \times BG \times I$

$= \frac{1}{2} \times JH \times OJ \times I$

$= \frac{1}{2} ED \times T \times I$ வாட்-விநாடிகள்

$= \frac{1}{2} (V - I R) I. T.$ வாட்-விநாடிகள் ... (2–50)

மோட்டாரில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியின் அளவு, தருவாயின் மின்னழுத்த அளவோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்பொழுது மிகக் குறைவான அளவாக இருப்பதால்இதனைத் தவிர்க்கலாம். படம் 2–18 (அ)-ல் மோட்டார் மின்னெழுத்த வீழ்ச்சி காட்டப்படவில்லை. ஆகையால் தொடக்கத் தடை மாற்றியில் ஏற்படும் மின்னாற்றலின் இழப்பு = $\frac{1}{2}$ $V.\ I.\ T.$ வாட்-விநாடிகளாகும். ஆனால், தொடக்காலப் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின் அளவு = $V. I. T.$ வாட்-விநாடி.



படம் 2-18 (ஆ)
மோட்டாரில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி

$$\left.\begin{array}{c}\text{ஆகவே, தொடக்கப் பயனுறுதிறன்} \\ \text{(Starting efficieucy)}\end{array}\right\} = \frac{VIT - \frac{1}{2}VIT}{VIT} \times 100$$

$$= 50\%$$

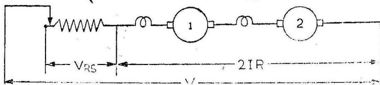
2-8-2. மின்முறை இழுப்பு மோட்டார்களைத் தொடர்-இணைமுறையில் தொடக்குதல் (Series-parallel method of starting)

தொடர்-இணை முறையில் துவக்குவதற்குக் குறைந்தது இரண்டு நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டார்கள் (D.C.series motors) தேவை. அந்த மோட்டார்களை முதலில் தொடர் நிலையில் (series method) இணைத்து, பிறகு அவற்றைப் பக்கவாட்டில் இணையாக (parallel) இருக்கும்படி இணைக்க வேண்டும். மோட்டார்களைத் தொடர்நிலையில் இணைக்கும்பொழுது அம் மோட்டார்களுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்தம், தருவாய் மின்னழுத்தத்தில் பாதியளவுடையதாய் இருக்கும். எனவே, அதனுடைய வேகமும் இயல்பான வேகத்தில் பாதியாக இருக்கும். அம் மோட்டார்களைப் பக்கவாட்டத்தில் இணையாக இணைக்கும்பொழுது, ஒவ்வொரு மோட்டாருக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் முழு அளவைப் பெறுவதால் அதன் வேகமும் முழு அளவுடையதாகவே இருக்கும். இந்த இரு முறைகளிலும் ஒவ்வொரு மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவும் அந்த மோட்டாரின் திட்டவரை மின்னோட்ட (rated current) அளவுக்குக் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. மோட்டார்களைத் தொடங்குவிக்கும்பொழுது பின் மின்னியக்கு விசை இல்லாததினால், தொடக்க மின்னோட்டம் (staring current) அதிகமாகும். தொடக்க மின்னோட்டத்தின் அளவைக் குறைத்து மோட்டாரின் திட்டவரை மின்னோட்டம் அளவுக்குக் கொண்டுவர தொடர் மின்தடை மாற்றியைப் (series rheostat) பயன்படுத்துகின்றனர்.

தொடர்-இணை முறையில் இரண்டு மோட்டார்களைத் தொடங்கச் செய்வதற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் நடவடிக்கைகள்

(அ) முதலில் தொடர்-புல மோட்டார்களைத் தொடர்முறையில் முழுத்தடை மாற்றியின்மூலம் தருவாய் (supply) முனைகளின்

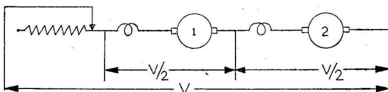
குறுக்கே படம் 2-19 (அ) வில் காட்டியபடி இணைக்கப்பட வேண்டும்



படம் 2-19. (அ)

தொடர்இணை முறையில் இரண்டு மோட்டார்களின் தொடக்கம்

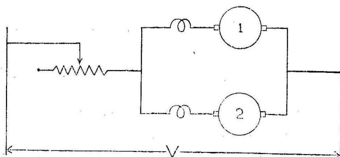
(ஆ) பிறகு தடைமாற்றியின் தடையின் அளவைப் படிப் படியாகக் குறைத்துக்கொண்டே வந்து படம் 2-19 (ஆ) வில் காட்டியபடி இரு மோட்டார்களைத் தருவாய் முனைகளுக்கிடையே இணைக்க வேண்டும்.



படம் 2-19 (ஆ)

தொடர்இணை முறையில் இரண்டு மோட்டார்களின் தொடக்கம்

(இ) இரு மோட்டார்களைப் பக்கவாட்டில் இணையாக இணைத்து அந்த இணைப்புடன் தடைமாற்றியைத் தொடர்முறையில் படம் 2-19. (இ)-ல் காட்டியபடி வெளியே இருக்கும்படிச் சேர்த்துத் தருவாய் முனைகளுக்குக் குறுக்காக அமைக்க வேண்டும்.

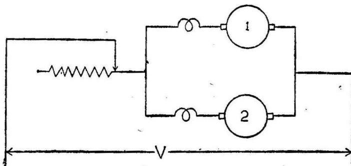


படம் 2-19. (இ)

தொடர்இணை முறையில் இரண்டு மோட்டார்களின் தொடக்கம்

(ஈ) வெளித்தடை மாற்றி (external rheostat) யின் தடையின் அளவைப் படிப்படியாகக் குறைத்து, இறுதியில் இணைக்கப்பட்ட

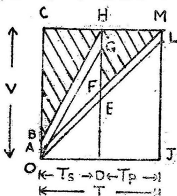
இரு மோட்டார்களையும், தருவாய் முனைகளுக்குக் குறுக்கே, படம் 2–19. (ஈ)யில் காட்டியபடி அமைக்க வேண்டும்.



படம் 2–19 (ஈ)
தொடர் இணை முறையில் இரண்டு மோட்டார்களின் தொடக்கம்

அளவு தருவாய் மின்னழுத்தத்திற்குச் சமமாகிறது.

தொடக்க காலப் பகுதியில், மோட்டார்கள் தொடர்க் குழுவாக (series grouping) இருக்கும்பொழுதும், இணைக்குழுவாக (parallel grouping) இருக்கும்பொழுதும் தடை மாற்றியின் குறுக்கே உண்டாகும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை படம் 2-20 (அ)-ல் கோடிட்ட பகுதி விளக்குகிறது.



படம் 2-20 (அ)
தடைமாற்றியின் குறுக்கே உண்டாகும் மின்னழுத்த வேறுபாடு

I என்பது ஒவ்வொரு மோட்டாரிலும் பாயும் மின்னோட்ட அளவு (ஆம்பியர்கள்).

R என்பது ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்னகம், புலம் ஆகியவைகளின் மொத்த தடை (ஓம்கள்).

R_h. தடை மாற்றியின் பெரும தடை அளவு (ஓம்கள்).

T - தொடக்க கால நேரம் (விநாடிகள்)

T_s - மோட்டார்கள் தொடர் நிலையில் இணைக்கபபட்டுள்ள தொடக்க கால முதல் பகுதி (விநாடிகள்).

T_p - பிறகு மோட்டார்கள் பக்க வாட்டில் இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ள தொடக்க காலப் பின் பகுதி (விநாடிகள்).

அதாவது $T = T_s + T_p$ ... (2-52)

E_{bs} – தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்ட மோட்டார்களின் தொடக்க கால முதல் பகுதியின் இறுதியில் கிடைக்கும் பின் மின்னியக்கு விசை (DG).

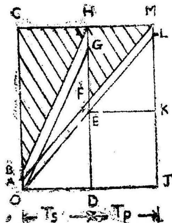
E_{bp} – இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்ட மோட்டார்களின் தொடக்க காலப் பின் பகுதியில் இறுதியில் கிடைக்கும் பின் மின்னியக்கு விசை. (JL)

$OD = T_s$ = தொடர்க்குழு காலப் பகுதி (வினாடிகள்).

$OC = V$ = தருவாய் மின்னழுத்தம் (வோல்ட்டுகள்).

$OA = AB = I_r$ = ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (வோல்ட்டுகள்).

$BC = I_{rh}$. தொடர்க்குழு காலப் பகுதியின் ஆரம்பத்தில் தடை மாற்றியில் ஏற்படும் பெரும மின்னழுத்தம் (வோல்ட்டுகள்).



படம் 2-20. (ஆ)
தடைமாற்றியின் குறுக்கே உண்டாகும் மின்னழுத்த வேறுபாடு

தொடர்க்குழு காலப் பகுதியின் ஆரம்பத்தில், மோட்டார்களின் மின்னகம் நிலையாயிருப்பதால் மோட்டார்களுக்குப் பின் மின்னியக்கு விசை கிடையாது. எனவே, தருவாய் மின்னழுத்தம் = இரு மோட்டார்களின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி + தடைமாற்றியின் பெரும மின்னழுத்தம்.

$$\therefore \quad V = \propto I_r + IR_h. \qquad \ldots \quad (2\text{-}53)$$

இரயிலின் முடுக்கம் சீராக இருப்பின் தடை மாற்றியின் மின்னழுத்தமும் சீராகக் குறைந்துகொண்டே வந்து தொடர்க்குழு காலப் பகுதியின் இறுதியில் சுழி மதிப்பாகும். எனவே, BH என்ற நேர்கோடு தொடர்க்குழு காலப் பகுதியில் தடை மாற்றியில் ஏற்படும் மின்னழுத்த மாறுதலைக் குறிக்கிறது. இதே சமயத்தில் இரு மோட்டார்களின் பின் மின்னியக்கு விசை சுழி மதிப்பிலிருந்து அதிகரித்துக்கொண்டே வந்து தொடர்க்குழு காலப் பகுதியின் இறுதியில் முழு மதிப்பை அடைகிறது. OG என்ற நேர்கோடு இதனைக் குறிக்கும். எனவே, தொடர்க்குழு காலப் பகுதியின் இறுதியில் தருவாய் மின்னழுத்தம் = இரு மோட்டார்களின் பின்

மின்னியக்கு விசை + இரு மோட்டார்களில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி.

$$DH = DG + GH.$$

$$V = 2\,E_{bs} \times 2\,IR.$$

அதாவது T_s கால அளவிற்குப் பிறகு இரு மோட்டார்களின் பின் மின்னியக்கு விசை $2\,E_{bs} = V - 2\,IR$. மோட்டார்களின் இணைப்பு தொடர் நிலையிலிருந்து இணையான நிலைக்கு மாறுவதால் ஒவ்வொரு மோட்டாரின் பின் மின்னியக்கு விசை,

$$E_{bs} = \frac{V}{2} - IR \qquad \ldots \quad (2\text{-}54)$$

படம் 2-20 (அ) (ஆ)-ல் F என்பது DH-ன் மையப்புள்ளி.

$$\because \quad DF = \frac{V}{2}. \quad FE = IR.$$

$$\because \quad DE = DF - FE = \frac{V}{2} - IR = E_{bs}. \qquad \ldots \quad (2\text{-}55)$$

எனவே, DH ஒவ்வொரு மோட்டாரின் பின் மின்னியக்கு விசையின் அளவைக் குறிக்கும். அதாவது இணைக்குழு காலப் பகுதியின் ஆரம்பத்தில் :

தறுவாய் மின்னழுத்தம் = ஒவ்வொரு மோட்டாரின் பின் மின்னியக்கு விசை + தடைமாற்றியின் மின்னழுத்தம் + ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி.

$$DH = DE + EF + FH.$$

$$V = E_{bs} + IR + \frac{V}{2}. \qquad \ldots \quad (2\text{-}56)$$

இணைக்குழு காலப் பகுதியில், ஒவ்வொரு மோட்டாரின் பின் மின்னியக்கு விசை EL என்ற நேர்கோடு வழியாக அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று இணைக்குழு காலப் பகுதியின் இறுதியில் பின் மின்னியக்கு விசையின் முழு அளவைப் பெறுகிறது. JL என்ற தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்ட இரண்டு மோட்டார்களைத் தடை மாற்றியின் மூலம் தொடங்குவதாக வைத்துக்கொள்வோம். தொடக்கத்தின்போது, தடைமாற்றியின் முழுத்தடையையும் இணைத்து, தொடக்க மின்னாற்றலின் அளவைத் திட்டவரை

அளவுக்குக் கட்டுப்படுத்துகிறேம். மேலும் தொடக்கத்தின்போது, பின் மின்னியக்கு விசையில்லையாதலால் தடைமாற்றியின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியின் அளவு கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத் திற்கும் இரு மோட்டார்களில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சிக்கும் உள்ள வித்தியாசமாகும். $(V_{RS} = V - 2\,IR)$ ... (2-57)

தடை மாற்றியின் முழுத் தடையளவிலிருந்து சுழி அளவு வரைக்கும் படிப்படியாகக் குறைத்துக்கொண்டே வருவதால், தடை மாற்றியின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியின் அளவும் குறைந்து கொண்டே வந்து சுழி மதிப்பை அடைகிறது. அப்பொழுது ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்னழுத்த அளவு, தருவாய் மின்னழுத்த அளவில் பாதியாகும். இத் தருணத்தில் மோட்டார் களைப் பக்கவாட்டில் உடனே இணையாக இணைப்பதால், வெளிப் புறத்தில் இணைக்கப்படும் தொடர் நிலைத் தடைமாற்றியின் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியின் (voltage drop across series resistor) அளவு, தருவாய், மின்னழுத்தத்தில் பாதியாக இருக்க வேண்டும். பின்பு வெளித் தடை-மாற்றியின் தடை அளவைக் குறைத்துக்கொண்டே வந்து இறுதியில் தடையின் அளவு சுழி மதிப்பை அடையும்பொழுது, இணையாக இணைக்கப் பட்ட மோட்டார்களின் மின்னழுத்த நேர்கோடு இதனைக் குறிக்கும்.

அதாவது இணைக்குழு காலப் பகுதியின் முடிவில் தருவாய் மின்னழுத்தம் = ஒவ்வொரு மோட்டாரின் பின் மின்னியக்கு விசை + ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி

$$V = E_{bp} + IR$$

$$\therefore \quad E_{bp} = V - IR \qquad \text{... (2-58)}$$

அதாவது மொத்த கால நேரப் பகுதி 'T' வினடிகளில் ஒவ்வொரு மோட்டாரின் பின் மின்னியக்கு விசை சுழி மதிப்பி லிருந்து ஆரம்பித்து OL என்ற நேர்கோடு வழியாக அதிகரித் துக் கொண்டே சென்று பெரும அளவாகிய $JL\ (=E_{b\cdot p})$ மதிப்பை அடைகிறது.

முக்கோணம் ODE, முக்கோணம் OJL ஆகியவை ஒத்த முக்கோணங்கள்.

$$\therefore \quad \frac{OD}{OJ} = \frac{DE}{JL}$$

$$\frac{T_s}{T} = \frac{E_{bs}}{E_{bp}} = \frac{\frac{V}{2} - IR}{V - IR}$$

$$\frac{T_S}{T} = \frac{1}{2}\left[\frac{V - 2\,IR}{V - IR}\right]$$

$$T_S = \frac{1}{2}\,T\left(\frac{V - 2\,IR}{V - IR}\right) \text{ வினாடிகள்.} \quad \ldots \ (2\text{-}59)$$

தொடர் இணை முறையில் மோட்டார்களைத் தொடங்கச் செய்யும்பொழுது அனுசரிக்க வேண்டிய நிபந்தனை என்னவென்றால் ஒவ்வொரு மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டம், தொடக்க காலப் பகுதி முழுவதிலும் ஒரே அளவுள்ளதாகக் கொள்ள வேண்டும். ஆகவே, தொடர்க் குழு காலப் பகுதியின் பொழுது மின் தலைவாயிலிருந்து (main) பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு I. ஆனால் இணைக்குழு காலப் பகுதியில் மின் தலை வாயிலிருந்து பெறும் மின்னோட்டத்தின் அளவு $2I$ ஆகும்.

தொடர்க்குழு காலப் பகுதியில் தடைமாற்றியில் செலவழிக்கப் பட்ட மின்னாற்றலின் அளவு:

$$E_S = \text{முக்கோணம் } BHC\text{-ன் பரப்பு} \times I \times \frac{1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்.}$$

$$= \frac{1}{2} \times BC \times CH \times I \times \frac{1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்.}$$

$$= \frac{1}{2} \times (V\text{-}2\,I_r) \times T_S \times I \times \frac{1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்.}$$

அதேபோல் இணைக்குழு காலப் பகுதியில் தடை மாற்றியில் செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின் அளவு :

$$= E_p = \text{முக்கோணம் } FMH \times 2\,I \times \frac{1}{3600}$$

$$= \frac{1}{2} \times FH \times HM \times 2\,I \times \frac{1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்.}$$

$$= \frac{1}{2} \ \frac{V}{2} \times T_p \times 2\,I \times \frac{1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்} \ldots (2\text{-}60)$$

மொத்தம் செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின் அளவு

$$= E = E_s + E_p.$$

$$= \frac{1}{2}[V - 2I_r]\frac{I}{3600} \times T_S + \frac{1}{2}VI \cdot \frac{T_P}{3600}$$ வாட் மணிகள் ... (2-61)

தொடங்கிச் செய்யும்பொழுது தேவையான மின்னாற்றலின் உள்ளீடு

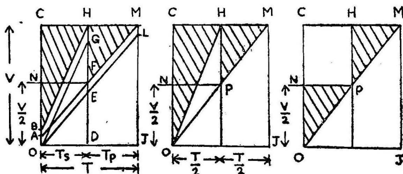
$$= \frac{V \times I \times T_S}{3600} \times \frac{V \times 2I \times T_P}{3600}$$ வாட் மணிகள்

$$= \frac{VI}{3600}(T_s + 2T_P)$$ வாட் மணிகள். ... (2-62)

தொடக்கியின் பயனுறுதிறன்

$$= \frac{\frac{VI}{3600}[T_S + 2T_P] - \frac{I}{7200}[(V - 2IR)T_S + VT_T]}{\frac{VI}{3600}[T_S + 2T_P]} \quad \dots (2\text{-}63)$$

பொதுவாக, மோட்டாரின் மின்தடை தவிர்க்கக்கூடிய அளவிற்கு மிகச் சிறியதாக இருக்கும். மோட்டாரில் ஏற்படும் மின்தடை-வீழ்ச்சியினைத் தவிர்ப்போமானால், தொடர்நிலை கால அளவும், இணை நிலை கால அளவும் ஒன்றாக இருக்கும். அதாவது $T_S = T_P = \frac{T}{2}$. இதனால் OL என்ற நேர்கோடும், AM என்ற நேர்கோடும் இணைந்து படம் 2-21 (ஆ)-ல் காட்டியபடி OM என்ற ஒரே நேர்கோடாய் இருக்கும்.



படம் (அ) படம் (ஆ) படம் (இ)

படம் 2-21.

தொடர்நிலை கால அளவும் இணை நிலை கால அளவும்

தொடர் நிலைத் தொடக்கத்தின்பொழுது, எல்லா மோட்டார்களிலும், ஒரே அளவான மின்னோட்டம் பாய்வதாலும், தொடக்க

நேர கால அளவில், இந்த மின்னோட்ட அளவு நிலையாயிருப்பதாலும், படம் 2-21 (ஆ) ல் காட்டியபடி மின்னழுத்த வீழ்ச்சி முக்கோணம் OCH, இரண்டு மோட்டார்களினால், தடைமாற்றியில் ஏற்படும் மின்னிழப்பினைக் குறிக்கிறது. தடைமாற்றியில் ஒரு மோட்டாரினால் ஏற்படும் மின்னிழப்பு இதில் பாதியளவே இருக்கும். படம் 2-21 (இ)ல் முக்கோணம் OPN இதனைக் குறிக்கிறது. இணை நிலை கால அளவில் ஒரு மோட்டாரினால ஏற்படும் தடை மாற்றி மின்னிழப்பின் அளவினை முக்கோணம் PHM குறிக்கிறது. படம் 2-21 (இ)-ல் உள்ள OPM என்ற நேர்கோடு, பின்-மின் இயக்கு விசையினைக் குறிப்பதால், MOJ என்ற முக்கோணம் ஒரு மோட்டாரினால் கிடைக்கும் மின்திறனைக் குறிக்கும். ஆகவே, ஒவ்வொரு மோட்டாரினால் தொடக்க கால அளவில் தடைமாற்றியில் ஏற்பட்ட மின்னிழப்பு.

$$= I\,[(\triangle\ ONP \text{ பரப்பு} + \triangle\ PHM \text{ பரப்பு})]$$

$$= I\left[\frac{1}{2}\cdot\frac{V}{2}\cdot\frac{T}{2}+\frac{1}{2}\cdot\frac{V}{2}\cdot\frac{T}{2}\right]$$

$$= \frac{VIT}{4}$$

ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்னாற்றல் வெளிப்பாடு

$$= I \times \triangle\ OJM \text{ பரப்பு}$$

$$= I \times \tfrac{1}{2}\cdot V \times T$$

$$= \frac{VIT}{2}.$$

ஒவ்வொரு மோட்டாரின் உள்ளீட்டுத் திறன்

$$= \frac{VIT}{2} + \frac{VIT}{4} = \frac{3}{4}\,VIT.$$

$$\text{தொடக்கியின் பயனுறு திறன்} = \frac{VIT/2}{3\,VIT/4}$$

$$= 66{\cdot}67\%$$

தொடர்-இணைத் தொடக்கியின் மேன்மைகள்

(அ) சாதாரண தடைமாற்றியினைக் கொண்டு தொடங்கச் செய்வதைக் காட்டிலும் இம்முறை தொடக்கம் மிக்க பயனுறுதிறன்

வாய்ந்தது. சாதாரண மின் தடையின் தொடக்கப் பயனுறுதிறன் சுமார் 50% ஆனால், இரு மோட்டார்களைக் கொண்ட தொடர்-இணைத் தொடக்கப் பயனுறுதிறன் சுமார் 66·67%. நான்கு மோட்டார்களின் பயனுறுதிறன் 72·72%.

(ஆ) தடைமாற்றியைப் பயன்படுத்தித் துவக்கும்பொழுது, தடைமாற்றியில் மிகுந்த மின்னிழப்பு ஏற்படுகிறது. மேலும் தேவையான வேகத்தினைப் பெற, தடைமாற்றியின் ஒரு பகுதி மின்சுற்று வழியில் தொடர்ந்து இருக்கவேண்டுமாகையால், மின்னாற்றல் வீணடிக்கப்படுகிறது. மாருகத் தொடரிணை துவக்கி யின் மூலம் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மோட்டார் வேகங்களைச் சிக்கன முறையில் பெறலாம். இருமோட்டார்களைக் கொண்ட தொடரிணைக் கட்டுப்படுத்தியில் 1 : 2 விகிதத்தில் இரு வேகங்கள் கிடைக்கும். நான்கு மோட்டார்களில் மூன்று வேகங்கள் 1 : 2 : 4 என்ற விகிதத்தில் கிடைக்கும்.

(இ) தொடர்-இணை முறை துவக்கத்தின் பொழுது ஏற்படும் மின்னிழப்பு குறைவு ஆதலால், தடைமாற்றியின் உருவளவும் சிறியதாக இருக்கும்.

(ஈ) கொடுக்கப்பட்ட உள்ளீட்டுத்திறனுக்கு ஒரு தொடரிணைக் கட்டுப்படுத்தி வெவ்வேறு திருக்கங்களைக் கொடுக்கவல்லது. மோட்டார்கள் இணைநிலையில் இருக்கும்பொழுதுள்ள திருக்கம், அவைகள் தொடர்நிலையில் இருக்கும்போதுள்ள திருக்கத்தில் $\frac{1}{4}$ பங்கு இருக்கும். ஆனால், இணைநிலையிலிருக்கும்போதிருக்கும் மோட்டார்களில் வேகம், அவைகள் தொடர்நிலையில் இருக்கும் போதுள்ள வேகத்தைப்போல் நான்கு மடங்கு இருக்கும். ஒவ்வொரு மோட்டாரிலும் ஒரே அளவு மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது, இணைநிலையில் இருக்கும் மோட்டாரின் வேகம், அவைகள் தொடர்நிலையில் இருக்கும் வேகத்தைப்போல் இரு மடங்காயிருக்கும். இங்ஙனம் ஒரு தொடரிணைக் கட்டுப்படுத்தி, உயர் தொடக்கப் பயனுறுதிறனைக் கொடுப்பதோடு மட்டுமன்றி, சிக்கன முறையில் வேகத்தினைக் கட்டுப்படுத்தும் கருவியாகவும் இயங்குகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 2-15.

130 மெட்ரிக் டன் நிலை எடையும், 145 மெட்ரிக் டன் முடுக்க எடையும் கொண்ட ஓர் இரயில் தொடர்-இணைக் கட்டுப்பாட்டுடன் அமைந்த இரு 1100 வோல்ட்டு மோட்டார்களுடன் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்தடையும் 0·2 ஓம்.

தொடரிணைத் துவக்க கால அளவில், மோட்டாரில் பாயும் மின்னேட்டம் 375 ஆம்பியர்களாக இருக்கும்படி நிலை நிறுத்தப் படுகிறது. இரயில்வண்டித் தண்டவாளத்தின் உராய்வுத்தடை 50 நியூட்டன்கள்/டன்(னி). ஒவ்வொரு மோட்டாரின் இழுப்பு முயற்சி 40,000 நியூட்டன்கள். தொடக்க கால முடிவில் இரயிலின் வேகம்40 கிமீ/மணி என்றால் :

(அ) தொடக்க கால அளவு (ஆ) தொடர் நிலையிலிருந்து இணை நிலைக்கு மாறும்பொழுது உள்ள நிலைமாறு வேகம் (transition speed) (இ) தொடக்க கால அளவில் தடை மாற்றியில் ஏற்பட்ட மின்னிழப்பு ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு :

மொத்த இழுப்பு முயற்சி $= 2 \times 40,000$

$= 80,0000$ நியூட்டன்கள்

இருப்புப் பாதையின் தடை $= 50 \times 130$

$= 6500$ நியூட்டன்கள்

முடுக்கத்திற்கான நிகர இழப்பு முயற்சி $= 80,000 - 6500$

$= 73,500$ நியூட்டன்கள்

முடுக்கம் $(\alpha) = \dfrac{73,500}{277 \cdot 8 \times 145} = 1 \cdot 82$ கிமீ/ம/வி.

$\therefore$ தொடக்க கால அளவு $\dfrac{40}{1 \cdot 82} = 22$ விநாடிகள்

ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்தடை வீழ்ச்சி

$= IR = 375 \times 0 \cdot 2 = 75\ V$

மோட்டார்கள் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள தொடக்க கால அளவு

$$T_s = \frac{475}{550 + 475} \times T$$

$$= \frac{475}{1025} \times 22$$

$= 10 \cdot 2$ விநாடிகள்.

$\therefore$ இணை நிலையில் இணைக்கப்படும் தொடக்க கால அளவு

$$T_p = T - T_s = 22 - 10{\cdot}2 = 11{\cdot}8 \text{ விநாடிகள்.}$$

$\therefore$ நிலை மாறு வேகம் $= \propto \times T_S$

$$= 1{\cdot}82 \times 10{\cdot}2 = 18{\cdot}6 \text{ கிமீ./மணி.}$$

படம் 2-22.

தொடக்க கால அளவின் வரைபடம்

ஒவ்வொரு மோட்டாரினால் தடை மாற்றியில் ஏற்படும் மின்னிழப்பு

$= I\,[\triangle\, PQT$ பரப்பு $+ \triangle\, TSU$ பரப்பு$]$ வாட்-விநாடிகள்

$= 375\,[\frac{1}{2} \times 475 \times 10{\cdot}2 + \frac{1}{2} \times 550 \times 11{\cdot}8]$ வாட்-விநாடிகள்

$= 375 \times 25 \times 226{\cdot}7$ வாட்-விநாடிகள்

$= \dfrac{375 \times 25 \times 226{\cdot}7}{1000 \times 3600}$ கிலோ-வாட்-மணிகள்

$= 0{\cdot}59$ கிலோ-வாட் மணிகள்.

இரு மோட்டார்களைக் கட்டுப்படுத்துவதினால் தடைமாற்றியில் ஏற்படும் மின்னிழப்பு

$$= 2 \times 0{\cdot}59 = 1{\cdot}18 \text{ கிலோ வாட்-மணிகள்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 2-16.

120 டன்(னி) நிலை எடையுள்ள ஒரு மின்சார இரயிலில் ஈரிணை (two pair) அமைப்பில், தொடர்-இணைக் கட்டுப்பாடுடைய, நானகு 600 வோல்ட் மோட்டார்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தொடர்-இணைத் துவக்கத்தின் பொழுது, ஒவ்வொரு மோட்டாரிலும், 500 ஆம்பியர்கள் மின்னோட்டத்தினை நிலைநிறுத்தினால், (i) தொடக்க காலப் பகுதியின் நேரம் ii) மாறுநிலை வேகம் (iii) (அ) தொடர் நிலையில் ஏற்படும் தடைமாற்றி மின்னிழப்பு (iii) (ஆ) இணைநிலையில் ஏற்படும் தடைமாற்றி மின்னிழப்பு (iv) இரயில் வண்டிக்கு வழங்கப்பட்ட பயனுள்ள ஆற்றல் ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும். 500 ஆம்பியர், 600 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தில், ஒவ்வொரு மோட்டாரின் இழுப்பு முயற்சி 20,000 நியூட்டன்கள் இரயில் வண்டியின் வேகம் 50 கிமீ/மணி இரயில் வண்டி 100-ல் 1 ஏறு சரிவில் செல்வதாகவும், தண்டவாளத்தின் தடை 40 நியூட்டன்/டன் எனவும், சுழற்சி நிலைம விளைவு, 15 சதவீதமெனவும், ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின் தடை 0·1 ஓம் எனவும் கொள்க.

தீர்வு :

(i) மொத்த இழுப்பு முயற்சி $F_t = 4 \times 20{,}000 = 80{,}000$ நியூட்டன்கள்

ஆனால், இழுப்பு முயற்சி $F_t = 277{\cdot}8\, W_e \propto + W\gamma + 98{\cdot}1\, WG$

$$80{,}000 = 277{\cdot}8 \times 120 \times 1{\cdot}15 \propto + 120 \times 40 + 98{\cdot}1 \times 120 \times 1$$

$$\therefore \quad 277{\cdot}8 \times 138 \propto = 80{,}000 - (4800 + 11{,}772) = 63{,}482$$

$$\therefore \quad \text{முடுக்கம்} \propto = \frac{63{,}482}{277{\cdot}8 \times 138} = 1{\cdot}655 \text{ கிமீ/ம/வி.}$$

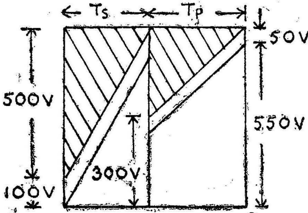
$$\text{தொடக்க கால நேரம் } T = \frac{50}{1{\cdot}655} = 30{\cdot}21 \text{ விநாடிகள்.}$$

ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின்தடை வீழ்ச்சி $= IR$

$$= 500 \times 0{\cdot}1 = 50 \text{ வோல்ட்டு.}$$

மோட்டார்கள் தொடர் - நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள

தொடக்க கால அளவு $T_s = \frac{1}{2}\left(\frac{V - 2IR}{V - IR}\right)$



படம் 2-23

தொடக்க கால அளவு வரைபடம்

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{600 - 2 \times 500 \times 0{\cdot}1}{600 - 500 \times 0{\cdot}1}\right) \times 30{\cdot}21$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{500}{500} \times 30{\cdot}21$$

$= 13{\cdot}73$ வினாடிகள்.

∴ மோட்டார்கள் இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்ட தொடக்க கால அளவு

$T_p = 30{\cdot}73 = 16{\cdot}43$ வினாடிகள்.

(ii) இரயிலின் மாறுநிலை வேகம் $= \propto T_S$

$= 1{\cdot}655 \times 13{\cdot}73$

$- 22{\cdot}73$ கிமீ/மணி

(iii) (அ) இரு மோட்டார்கள் தொடர்-நிலையில் இணைக்கப்பட்டு, கிடைக்கும் இரு சுற்றமைப்புகள் (circuits), பக்கவாட்டில் இணை நிலை இணைக்கப்பட்டதாகக் கொண்டால்,

தொடர் நிலையில் தடைமாற்றியின் மின்னிழப்பு

$= 2\, I\, [\frac{1}{2}\, (V - 0\, IR) \cdot T_s]$ வாட் விநாடிகள்

$= 2 \times 500\, [\frac{1}{2}\, (600 - 2 \times 500 \times 0 \cdot 1)\, 13 \cdot 73]$

$= 1000 \times 250 \times 13 \cdot 73$

$= 3 \cdot 4325 \times 10^6$ வாட் விநாடி

$= 0 \cdot 9537$ கிலோ வாட் மணி.

(iii) (ஆ) எல்லா மோட்டார்களும் பக்கவாட்டத்தில் இணையாக இணைக்கப்பட்ட, நான்கு சுற்றமைப்புகள் கொண்ட

இணைநிலை தடைமாற்றியின் மின்னிழப்பு

$= 4\, I\, [\frac{1}{2} \cdot \frac{V}{2} \cdot T_p]$ வாட் விநாடிகள்

$= 4 \times 500 \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{600}{2} \times 16 \cdot 48\right]$ வாட் விநாடிகள்

$= 2000 \times 150 \times 16 \cdot 48$

$= 4 \cdot 944 \times 10^6$ வாட் விநாடிகள்

$= 1 \cdot 374$ கிலோவாட் மணி

இரயிலுக்கு வழங்கப்பட்ட பயனுள்ள ஆற்றல்

$= \frac{1}{2} \cdot F_t \times V_m \times \frac{T}{3600}$ கிலோ வாட் விநாடி

$= \frac{1}{2} \times 800{,}000 \times 50 \times \frac{30 \cdot 21}{(3600)^2}$ கிலோ வாட் மணி

$= 4 \cdot 661$ கிலோ வாட் மணி

எடுத்துக்காட்டு 2-17.

பல்பெட்டி வண்டிக் கூறுகளடங்கிய (multiple unit) ஓர் இரயில்வண்டி 12 தொடர்-புலமோட்டார்களைக் கொண்டுள்ளது. ஒவ்வொரு மோட்டாரும் 600 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தில் 300 ஆம்பியர் சராசரி மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்ளுகின்றது. தொடர்-இணை முறைத் துவக்க கால அளவு 20 விநாடிகள். இரயிலின் வேகம் 40 கிமீ./மணி ஒவ்வொரு மோட்டாரின் மின் தடை 0·1 ஓம் ஆக இருந்தால்,

(i) முடுக்க கால அளவில் தடைமாற்றியில் ஏற்பட்ட மின்னிழப்பு,

(ii) மின் தருவியிலிருந்து வழங்கப்பட்ட உள்ளீட்டு மின்னாற்றல்,

(iii) தொடர் நிலையிலிருந்து இணைநிலைக்கு மாறும்பொழுது உள்ள நிலை-மாறு வேகம்

ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.
(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. மார்ச்சு 1966)

தீர்வு :

(i) முடுக்க கால அளவு, $T = 20$ விநாடிகள்.

தொடக்கத்தில் மோட்டார்கள் தொடர்நிலையில் இணைக்கப் பட்டுள்ள.

$$\text{கால அளவு } T_S = \frac{1}{2}\left(\frac{V-2IR}{V-IR}\right) T$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{600 - 2 \times 300 \times 0{\cdot}1}{600 - 300 \times 0{\cdot}1}\right) \times 20$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{540}{570} \times 20$$

$$= 9{\cdot}474 \text{ விநாடிகள்.}$$

தொடக்கத்தில் மோட்டார்கள் இணைநிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள

$$\text{கால அளவு } T_P = T - T_S$$

$$= 20 - 9{\cdot}474$$

$$= 10{\cdot}526 \text{ விநாடிகள்}$$

தொடர்-நிலை அமைப்பு

இரு மோட்டார்களைத் தொடர்நிலையில் இணைத்துக் கிடைக்கும் சுற்றமைப்புப்போல் ஆறு சுற்றமைப்புகளை (circuits) பக்கவாட்டில் இணையாக இணைத்து இருப்பதைத் தொடர் நிலையாகக் கொண் டால், தொடர்நிலையில் தடைமாற்றி மின்னிழப்பு,

$= 6 \left\{ \frac{1}{2} (V - 2IR) \times I \times T_S \right\}$ வாட் வினுடிகள்

$= 6 \left\{ \frac{1}{2} (600 - 2 \times 300 \times 0{\cdot}1) \times 300 \times 9{\cdot}474 \right\}$

$= 6 \times 270 \times 300 \times 9{\cdot}474$

$= 4{\cdot}604 \times 106$ வாட்-வினுடிகள்

$= 1{\cdot}278$ கிலோ வாட் மணி.

இணைநிலை அமைப்பு

எல்லா மோட்டார்களும், பக்கவாட்டில் இணையாக இணைத்திருக்கும் இணை நிலையில் தடைமாற்றி மின்னிழப்பு.

$= 12 \left\{ \frac{1}{2} = \frac{V}{2} I \times T_P \right\}$ வாட்-வினுடிகள்

$= 12 \left\{ \frac{1}{2} \times \frac{600}{2} \times 300 \times 10{\cdot}52 \right\}$

$= 12 \times 50 \times 300 \times 10{\cdot}526$

$= 5{\cdot}683 \times 10^6$ வாட்-வினுடிகள்

$= 1{\cdot}579$ கிலோ வாட் மணி

முடுக்க கால அளவில் தடைமாற்றியில் ஏற்பட்ட மொத்த மின்னிழப்பு $= 1{\cdot}278 + 1{\cdot}579$

$= 2{\cdot}357$ கிலோ வாட் மணி

(ii) தொடர்நிலையில் மோட்டார்களுக்கு மின் தருவியிலிருந்து வழங்கப்பட்ட மின்னுற்றல்

$= 6 \left\{ V \times I \times T_S \right\}$ வாட் வினுடிகள்

$= 6 \times 600 \times 300 \times 9{\cdot}474$

$= 10{\cdot}23 \times 10^6$ வாட் வினுடிகள்

$= 2{\cdot}842$ கிலோ வாட்-மணிகள்.

இணை நிலையில் மோட்டார்களுக்கு மின் தருவியிலிருந்து வழங்கப்பட்ட மின்னாற்றல்

$$= 12 \left\{ V \times I \times T_p \right\} \text{ வாட்-வினாடிகள்}$$

$$= 12 \times 600 \times 300 \times 10{\cdot}526$$

$$= 22{\cdot}74 \times 10^6$$

$$= 6{\cdot}316 \text{ கிலோ வாட்-மணிகள்}$$

வழங்கப்பட்ட மொத்த மின்னாற்றல்

$$= 2{\cdot}842 + 6{\cdot}316$$

$$= 9{\cdot}158 \text{ கிலோ வாட்-மணிகள்}$$

(iii) முடுக்கம் $\propto = \dfrac{\text{தொடக்க கால முடிவில் இரயிலின் வேகம்}}{\text{தொடக்க கால அளவு}}$

$$= \frac{40}{20}$$

$$= 2 \text{ கிமீ/ம/வி.}$$

தொடர்-நிலையிலிருந்து இணை நிலைக்கு மாறும்பொழுது உள்ள நிலை-மாறு வேகம் $= \propto \cdot T_s$

$$= 2 \times 9{\cdot}474$$

$$= 18{\cdot}948 \text{ கிமீ/மணி.}$$

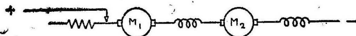
2-8-3. நிலை மாறும் அமைப்பு (Transition)

தொடரிணைக் கட்டுப்பாட்டில் உள்ள முக்கியமான இடர்ப்பாடு என்னவெனில், மோட்டார்கள் தொடர் நிலையிலிருந்து இணை நிலைக்கு மாறும்பொழுது, திருக்க அளவினில் எவ்விதக் குறுக்கீடு மின்றியும், மிகுந்த மின்னோட்ட வேறுபாடின்றியும் கிடைக்கக் கூடிய நிறைவுள்ள நிலைமாறு அமைப்பு கிடைப்பது அரிது. நிலை மாறும் வகைகள் மூவகைப்படும். அவைகளாவன : (i) திறந்த சுற்றதர் நிலைமாறும் முறை (open circuit transition method) (ii) கிளை வழி அல்லது குறுக்கு சுற்றதர் நிலைமாறும் முறை (shunt (or) short circuit transition method) (iii) சபனி நிலை மாறும் முறை (bridge transition method).

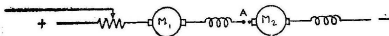
2-8-3·1 திறந்த சுற்றதர் நிலைமாறும் முறை (Open circuit transition method)

இந்த முறையில் பயன்படுத்தப்படும் வெவ்வேறு இயக்க நிலைகள் படம் 2-24-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

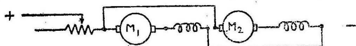
படம் 2-24 (அ)-ல், தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருந்த தொடக்க மின்தடை முழுவதும் துண்டிக்கப்பட்டவுடன், இரு இழுப்பு மோட்டார்களும், முழு தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டு



(அ) மோட்டார்கள் முழுத்தொடர் நிலையிலுள்ளது



(ஆ) மோட்டார்கள் திறந்த நிலைமாறும் நிலையிலுள்ளது



(இ) மோட்டார்கள் இணைநிலையில் உள்ளபோதிருக்கும் முதல் இணைநிலை

படம் 2-24.

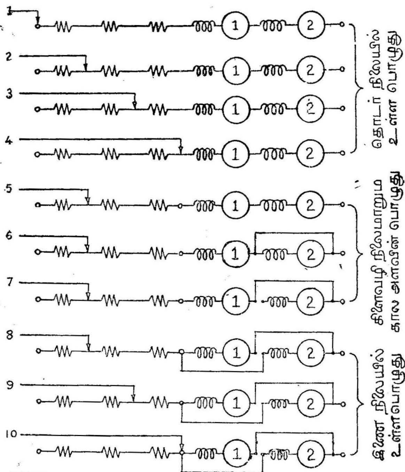
திறந்த சுற்றதர் நிலைமாறும் முறை

இருப்பதைக் குறிக்கிறது. மின்திறன் தருவியின் இணைப்பி பிரிக்கப்பட்டவுடன், *A* என்னும் புள்ளியில் இரு மோட்டார்களுக்கு மின் தொடர்பு அறுபடுகிறது. தொடக்க மின் தடை படம் 2-24 (ஆ)-ல் காட்டியபடி மீண்டும் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது. இந்த நிலைமையினைத் திறந்த சுற்றதர் நிலைமாறும் நிலை எனக் குறிப்பிடுவர். பிறகு படம் 2·24 (இ)-ல் காட்டியபடி மோட்டாரினை இணை நிலையில் இணைத்து, மின் தருவியினையும் மீண்டும் இணைக்க வேண்டும். இந்த முறையின் குறை என்னவென்றால், மின்திறன் தடைபடுவதால், மோட்டார் திருக்கமும் இல்லாமல் போகிறது.

2-8-3-2 கிளை வழி நிலைமாறும் முறை

இந்த முறையில் மேற்கொள்ளப்படும் வெவ்வேறு இயக்க நிலைகள் கீழே உள்ள படத்தில் காடுக்கப்பட்டுள்ளன. தொடர் நிலை

இயக்கப்படிகள் 1, 2, 3, 4 ஆகியவற்றில் மோட்டார்களின் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டு மின் தடையைப் படிப்படியாகக்



படம் 2-25.

கிளை வழி நிலைமாறும் முறை

குறைத்துக் கொண்டே வந்து மோட்டார்களுக்கு முடுக்கி விடப் படுகிறது. இயக்கப்படி 4-ல் இரு மோட்டார்களும் முழுமையான தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

கிளை வழி நிலைமாறும் காலப் பகுதி (i) இயக்கப்படி 5-ல், மின் தடையின் ஒரு பகுதி மீண்டும் மோட்டார்களுடன் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்படுகிறது.

(ii) இயக்கப்படி 6-ல், ஒரு மோட்டாருக்கு குறுக்குச் சுற்றதர் இடப்படுகிறது.

(iii) இயக்கப்படி 7-ல், குறுக்குச் சுற்றதரிடப்பட்ட மோட்டாரின் ஒரு முனையின் நுனி திறக்கப்படுகிறது.

(iv) இயக்கப்படி 8-ல், இந்த மோட்டாரின் திறக்கப்பட்ட முனையின் நுனியினை இணைக்க வேண்டும். இந்த இணைப்பினால் இரு மோட்டார்கள் இணை நிலையில் இருக்கும். இதுவே மோட்டார் இணை நிலையில் இருக்கும்போதுள்ள முதல் இணை நிலையாகும்.

இயக்கப்படி 9-ல் தொடர் நிலைகளில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின் தடை நீக்கப்பட்டு, இரு மோட்டார்களும் முடுக்கி விடப்படுகின்றன.

இயக்கப்படி 10-ல் இரு மோட்டார்களும் முழுமையான இணை நிலையில் இணைக்கப்படுகின்றன. இம் முறையில் ஒரு மோட்டாருக்குச் சுற்றதர் இடப்படுவதாகி மொத்த திருக்கத்தில் 50 சத வீதம் நிலைமாறு காலப் பகுதியில் குறைக்கப்படுவதால் வண்டி குலுக்கத்துடன் ஆடிச் செல்கிறது. இம் முறை நிலை மாற்றம் எளிமையானதொன்று. எனவே, டிராம்களில் இம் முறை மேற்கொள்ளப்படுகிறது.

2·8-3·3 சமனி நிலை மாறும் முறை

இம் முறையில் மோட்டாரும் தொடக்க மின் தடைகளும் வீட்ஸ்டன் சமனி அமைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

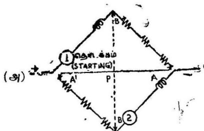
முதல் துவக்க நிலையில் இரு மோட்டார்களும் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டு, தடை மாற்றிகள் முழுவதும் இச் சுற்றதரில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அமைப்பில் P என்னும் தடை மாற்றி புயம், படம் 2-26 (அ)-ல் காட்டியபடி $AA^{\prime}$-ல் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தடை மாற்றியின் புயமாகிய P-ன் இரு முனைகளை அம்புக் குறியுடைய திசையில் திருப்பிக்கொண்டே வந்து B-$B^{\prime}$ என்ற புள்ளிகள் இருக்குமிடத்தினை அடைந்தால், இரு மோட்டார்களும் முழுமையில் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. [படம் 2·26 (ஆ)].

சமனி நிலைமாறும் காலப் பகுதி

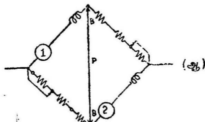
இதில் தடை மாற்றிகளின் ஒரு பகுதி மீண்டும் படம் 2·26 (இ)-ல் காட்டியபடி இணைக்கப்படுகிறது. இந்த முதல் இணை நிலை

இயக்கப் படியில், தடை மாற்றி புயம் நீக்கப்பட்டு, மோட்டார்கள் இரண்டும் அவற்றின் தொடக்க மின் தடையுடன் இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மோட்டாருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள தடை மாற்றியினைக் குறைத்துக்கொண்டே வந்து இறுதியில் படம் 2·26 (ஈ)-ல் காட்டியபடி இணைத்தால் இரு மோட்டார்களும் முழுமையாக இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

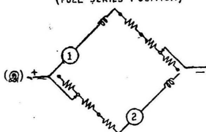
இம் முறையில் இயல்பான முடுக்க திருக்கம் மாறு நிலைகாலப் பகுதி முழுவதிலும் நிலையாக இருக்கிறது. ஆகவே, கிளை வழி முறைகளைப் போன்ற குலுக்கல் (Jerk) இம் முறையில் இராது. மேலும், சீருடைய முடுக்கமும் இந்த அமைப்பு மூலம் கிடைக்கிறது. இந்த அமைப்பு மிகவும் சிக்கலானது. எனினும், இதில் இணைக்கப் பட்டுள்ள தடை மாற்றிகளின் அளவு, ஒவ்வோர் இயக்கப்படியின் போதும் படிப்படியாக தடைமாற்றியினைக் குறைத்தால், மின்



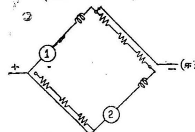
முழுத்தொடர் நிலை
(FULL SERIES POSITION)



நிலைமாறும் இயக்கப்படி
(TRANSITION STEP)



முதல் இணைநிலை இயக்கப்படி
(FIRST PARALLEL POSITION)



முழுமையான இணைநிலையில் இணைத்தல்
(FULL PARALLEL POSITION)

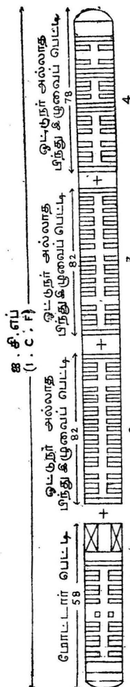
படம் 2-26.
சமனி நிலை மாறும் முறை

னோட்ட அளவு நிலையாக இருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த சமனி நிலைமாறும் முறையினைப் பொதுவாக இரயில் வண்டிப் பணிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

2·8-4. பல் பெட்டிகள் அடங்கிய தனித் தொகுப்புக் கட்டுப்பாடு (Multiple control)

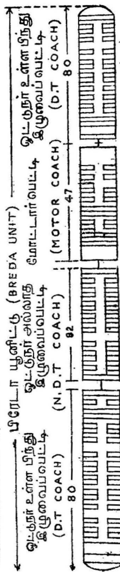
நகர்ப் பணி, புறநகர்ப்பணி (suburban service) ஆகியவை களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின் இரயில் வண்டியின் நீளம் போக்கு வரவுத் தேவையினைப் பொறுத்து மாறுபடும். ஒரு மின் இரயில் வண்டித் தொடரில் ஒன்று அல்லது, இரண்டு அல்லது, இரண்டிற்கு மேற்பட்ட தொகுப்புகள் (units) உண்டு. ஒவ்வொரு, தனித் தொகுப்பிலும் (unit) ஒரு மோட்டார் பெட்டி (motor coach) ஓட்டுநர் அல்லாத பிந்து இழுவைப் பெட்டிகள் (non driving trailer coaches) இரண்டு, ஓட்டுநர் பிந்து இழுவைப் பெட்டி ஒன்று ஆகியவை அடங்கியுள்ளன. படம் 2-27. (அ)-ல் ஐ.சி.எப். (I.C.F.), இங்கிலீஷ் எலெக்ட்ரிக், பிரேடா (Breda) ஆகிய மூன்று வகை யூனிட்டுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. தனித் தொகுப்புகளின் எண்ணிக்கை போக்கு வரவுப் பயணிகளின் அடர்த்தியினைப் (traffic intensity) பொறுத்துள்ளது. ஒரு நாளில் வெவ்வேறு நேரங்களில் போக்குவரவுச் செறிவு நிலை மாறுபட்டிருக்கும். அதற்கேற்பத் தொகுப்புகளின் எண்ணிக்கையைக் கூட்டியோ, குறைக்கவோ செய்யலாம். அதாவது, போக்குவரவு அடர்த்தி மிகுதியாக இருக்கும்பொழுது மோட்டார் வண்டிகளின் எண்ணிக்கையும், இழுவைப் பெட்டி வண்டிகளின் எண்ணிக்கையும் அதிகமாகின்றன. இதனால் இரயில் வண்டித் தொடரின் நீளம் அதிகரிக்கிறது. மாறாக போக்குவரவுச் செறிவு நிலை குறைந்திருக்கும்பொழுது, இரயில் வண்டித் தொடரினைப் பிரித்து, சிறும அளவுப் பெட்டி வண்டிகளுடன் இயங்க வைக்கலாம்.

பல் பெட்டி வண்டிகளடங்கிய தொகுப்புக் கட்டுப்பாடு எளிதில் மேற்கொள்ளத்தக்க இயக்கத்தினையுடையது. மேலும் இரயில் வண்டித் தொடரின் நீளம் இழுப்பு மோட்டார்களின் குதிரைத்திறனுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கிறது. இதனால் இரயில் வண்டித் தொடரின் எடைக்கும் மோட்டார்த் திறனுக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரு மாறா நிலையிலிருக்கும். ஆகவே, போக்கு வரவு நெருக்கக் கால அளவில் மிகுந்த நீளமான இரயில் வண்டித் தொடரினையும் போக்கு வரவு சிறுமமாக இருக்கும் காலப் பகுதியில் குறைந்த நீளமுடைய இரயில் வண்டித் தொடரினையும் எந்தவித இடைஞ்சலுமின்றி அதே கால அட்டவணைப்படி இயக்க முடிகிறது. நீராவி உள்ளூரியங்கும் பொறியில் (steam locomotive) இழுப்புத்திறன் அந்தப் பொறி அமைப்பினிடையே இணைந்துள்ளது. ஆனால், மின் தொடர் வண்டிகளில் இழுப்புத்திறனைப் போக்கு வரவுச் செலவு நிலைக்கேற்ப மோட்டார்ப் பெட்டிகளுக்குப் பகிர்ந்து



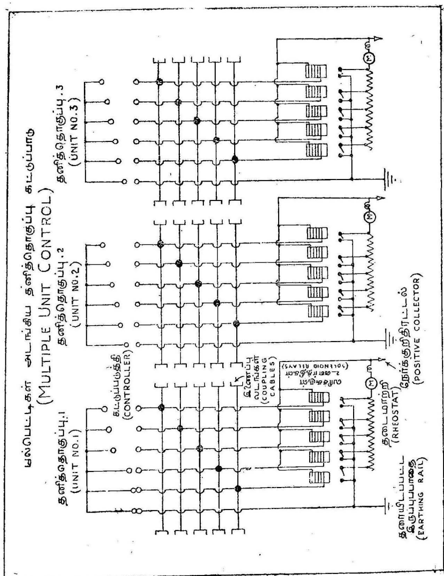
திருத்தி அமைக்கப்பட்ட இங்கிலீஷ் எலெக்ட்ரிக் யூனிட்டு
(CONVERTED E.E. UNIT)

பிரேடா யூனிட்டு (BREDA UNIT)



படம் 2-27 (அ)
பல் பெட்டித் தொகுப்பின் அமைப்பு (Formation of unit)

கொடுக்க வேண்டியுள்ளது. இதனால் வெவ்வேறு மோட்டார் பெட்டி வண்டிகளில் உள்ள எல்லா மோட்டார்களை ஒரே சமயத்தில் இரயில் வண்டித் தொடரின் வெவ்வேறு இடத்தி



படம் 2-27 (ஆ)
மூன்று மோட்டார்களைக் கட்டுப்படுத்தும் முறை

லிருந்து கட்டுப்படுத்த வேண்டிய அவசியமேற்படுகிறது. ஒவ்வொரு மோட்டார் பெட்டி அடங்கிய தனித் தொகுப்பினை யூனிட்டு (unit) என வழங்குவர். ஒவ்வொரு மோட்டார் பெட்டி யிலும் இரண்டு அல்லது நான்கு மோட்டார்கள் இருக்கும்.

ஒவ்வொரு தனித்தொகுப்பில் (unit) உள்ள மோட்டார் பெட்டி வண்டியில் கீழ்க்கண்டவைகள் அடங்கியுள்ளன :

இழுப்பு மோட்டார்களின் தொகுப்பு - தொடர்பு - இணைக் கட்டுப்படுத்தி, மூலக் கட்டுப்படுத்தி(master controller), மோட்டார் மின்னாக்கித் தொகுப்பு (motor generator set), மோட்டார் ஓடும் திசையினை மாற்றும் திருப்பி (reverser), உணர்த்தி (relay) இணைப்புகள் (couplers), மிகை மின்னோட்ட உணர்த்தி, மூலக் கட்டுப்படுத்திற்கான தனிப்படுத்தும் இணைப்பி (isolating switch) பிரிப்பி இணைப்பி (cutout-switch), உருகிகள் (fuses) போன்றவை.

மூன்று மோட்டார்களை ஏதேனும் ஒரு மூலக் கட்டுப்படுத்தியினைக் கொண்டு, கட்டுப்படுத்தும் முறையினைப் படம் 2-27 (ஆ)ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

படத்தில் காட்டியபடி கட்டுப்படுத்தும் மின்கம்பி வடங்களை (cables) ஒரு வண்டியிலிருந்து மறு வண்டிக்கு எடுத்துச் செல்லும் பொருட்டு, பெட்டி வண்டியின் இறுதியில், தனிப்பட்ட இணைப்பு மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. மூலக் கட்டுப்பாடு, முதல் தனித் தொகுப்பில் உள்ளதாகக் கொள்வோம். இரயில் வண்டியினை இப் பகுதியிலிருந்து துவக்கினால், முதலில் எல்லாத் தனித் தொகுப்புகளிலும் உள்ள முதல் வரிச் சுருள் உணர்த்திகள் (solenoid relays) மின் வலுப்பெற்று, தொடுவி எண் 1, மூடப் பெற்றுத் தொடக்கமின் தடை முழுவதினையும் மோட்டார் சுற்றதரில் தொடர்நிலையில் இணைக்கச் செய்கிறது. இங்ஙனம் வரிச்சுருள் உணர்த்திகள் 2, 3, 4 ஆகியவற்றினை ஒன்றன்பின் ஒன்றாக இயக்கி, எல்லா மோட்டார்களில் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தடையினைப் படிப்படியாகக் குறைத்துக்கொண்டே வந்து இறுதியாகத் தொடக்கத் தடை முழுவதினையும் மின் சுற்றதரிலிருந்து நீக்கலாம். மற்ற இயக்கங்களையும் இதே மாதிரி செய்யலாம். மூலக் கட்டுப்பாடுகளின் கட்டுப்படுத்தப்படும் மின்னோட்டம், வரிச் சுருளில் மின்னோட்ட அளவே தவிர மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்ட அளவல்ல. ஆகவே மூலக் கட்டுப்பாடு மேற்கொள்ளத்தக்க ஓர் எளிய அமைப்பாகும்.

மூலக் கட்டுப்படுத்தி அமைப்பு ஒருவகைக் கட்டுப்படுத்தும் கருவி (controlling device) ஆகும். இக் கருவியின் மூலம் இரயில் வண்டித் தொடரிலுள்ள எல்லா மோட்டார்ப் பெட்டிகளில் உள்ள மோட்டார்களை, ஒரே சமயத்தில் இயக்க முடிகிறது. இதில் செங்குத்தாகச் சுழலும் கதிர்க்கோல் வடிவ வட்டு (vertical spindle)

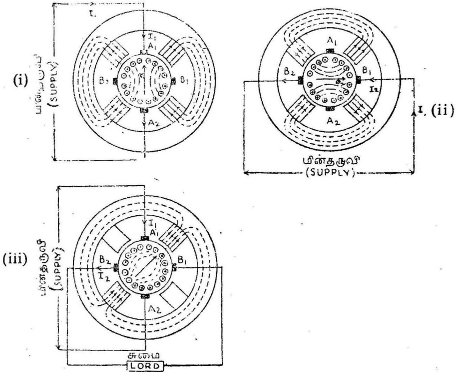
உள்ளது. இச் சுழல் வட்டின் மேற்புற நுனியில் ஒரு கைப்பிடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இக் கைப்பிடியின் உதவியால் கட்டுப் படுத்தியினை இயக்கலாம். சுழல் வட்டின் மேல் தகுந்த அளவில், சுற்று-வட்டம்-கடந்த முனைப்புகள் (cams) உள்ளன. சுழல் வட்டினைத் திருப்பினால், வரிச் சுருள் சுற்றதர்களின் தொடுமுனை களை (contacts) திறக்கவோ அல்லது மூடவோ செய்யும். மூலக் கட்டுப்பாடு அமைப்புடன் ஓர் உயிர்த் திறமற்ற கைப்பிடி (dead man's handle) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன் அவசியம் என்ன வெனில், இரயில் வண்டியினை ஓட்டுபவர், மயக்கமுற்றோ, (அல்லது) சோர்வடைந்தோ கீழே விழுவாரானால், இரயில் தானாகவே நிற்கும்படி ஓர் அமைப்பு உள்ளது. இந்தக் கைப்பிடி காற்று ஓரதரினைக் (air valvc) கட்டுப்படுத்துகிறது. ஆனால், மூலக் கட்டுப்படுத்தியோ காற்று ஓரதரினால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது வண்டியினை ஓட்டுபவர், உயிர்த்திறமற்ற கைப்பிடியின் மீது போதிய அழுத்தம் கொடுக்கவில்லையானால், மூலக்கட்டுப்படுத்தி இயங்கும் நிலையில் இருக்காமல் மின் தொடர்பற்ற நிலைமைக்கு (off position) வந்துவிடும். கைப்பிடியின் மீது போதிய அழுத்தம் இல்லையென்றால், நிறுத்திகள் தானாகவே இயங்கி, இரயில் வண்டி யின் இயக்கத்தினைத் தடுத்து நிறுத்தும்.

2-8-5. மெடாடைன் வேகக் கட்டுப்பாடு

மெடாடைன் மாற்றி (Metadyne converter) என்னும் ஒரு வகைப் பொறி, மின் திறனை, நிலையான மின்னழுத்தத்தில், மாறு பாடுடைய மின்னோட்ட அளவில் ஏற்றுக்கொண்டு, நிலையான மின்னோட்டத்தில் மாறுபடுகின்ற மதிப்புடைய மின்னழுத்தத்தை வெளிவிடுகிறது. ஆகவே, இவ்வமைப்பு இழுப்புப் பணியில் மாறு படுகின்ற மின்னழுத்தத்தினை மோட்டார்களுக்கு வழங்கி நிலையான மின்னோட்டத்தினை நிலைநிறுத்துகிறது.

தொடரிணைக் கட்டுப்பாடு அல்லது மின்தடைக் கட்டுப்பாடு அமைப்புகளில், தொடக்க மின்தடையில், மின்னாற்றல் வீணாக்கப் படுகிறது. தொடக்கியின் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு ஒரு நிலையி லிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மாறும்பொழுதுள்ள இடைவெளிக் கால அளவில் மின்னோட்ட அளவு குறிப்பிட்ட வரம்புகளுக்குள் ஏறியிறங்கும் தன்மை வாய்ந்தது. தொடக்க மின்தடையின் அளவினை ஒவ்வொரு தடவையும் மாற்றும்பொழுது மோட்டார் மின்னோட்டம் திடீரென அதிகரித்து ஏறியிறங்கும் தன்மையா யிருப்பதால், இழுப்பு முயற்சி அளவிலும் இந்தத் திடீர் ஏற்ற இறக்கம் ஏற்படுகிறது. இதனால் இரயில்வண்டி ஆட்ட ஓட்டத்

துடன் (jerky drive) செல்வதோடல்லாமல் அதன் ஒட்டுதலின் குணகமும் (coefficient of adhesion) குறைகிறது. ஆனால், மெடாடைன் வேகக் கட்டுப்பாடு முறையில், துவக்க காலநேரம் முழுவதிலும் நிலையான மின்னோட்டத்தினை நிலைநிறுத்துவதால் சீருடைய இழுப்பு முயற்சி கிடைக்கிறது. இதனால் முடுக்க கால



படம் 2-28 (அ)

மெடாடைன்

அளவில் வேக அதிகரிப்பு ஒரே சீராகவும், ஒட்டுதலின் குணகம் அதிகமாகவும் இருக்கிறது. மேலும், இரயில்வண்டி ஆட்டமில்லாமல் செல்கிறது. இம் முறையைப் பயன்படுத்தினால் மின்திறன் இழப்பினையும் குறைக்கலாம்.

மெடாடைன் மாற்றியின் ஒருவகை அமைப்பு படம் 2-28(அ)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் உள்ள நேர்மின்னோட்ட மின்னகம் (D.C. armature) இருபுல முனை (pole) களுக்குத் தகுந்தவாறு சுற்றப்பட்டுள்ளது. நான்கு போலிக்காந்தப் புலமுனைகள் (dummy poles) உள்ளன. மின்னகத்தின்மேல் A_1, A_2; B_1, B_2 என்ற இரு ஜதை பிரஷ்கள் உள்ளன.

A_1 A_2 பிரஷ்களுக்கிடையே நிலையான மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. B_1, B_2 பிரஷ்கள் சுமையுடனோ (load) அல்லது இழுப்பு மோட்டாருடனோ இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மெடாடைன் மாற்றியின் மின்னகம், நிலையான வேகத்தில் சுழலும்பொழுது மின் தருவியிலிருந்து வரும் I, மின்னோட்டம், பிரஷ்கள் A_1, A_2-க்கும் இடையே பாய்ந்து, ϕ_1 என்ற மின்னக எதிர்வினைப் பாய்வு (armature reaction flux) பிரஷ்கள் A_1 A_2 அச்சின் வழியாக உண்டாகிறது. போலிப்புல முனைகள் இருவகை இணையான காந்த சுற்றதர்களுக்கு (two parallel magnetic circuits) மிகக் குறைந்த காந்தத்தடை வாய்ந்த பாதைபோல் அமைந்துள்ளன. மின்சுமை இல்லாதபோது மின்னக எதிர்வினைக் காந்தப் பாய்வுப் பகிர்வு படம் 2-28 (அ) (i)-ல் காட்டியபடி இருக்கும். ϕ_1 என்ற காந்தப்பாய்வு முதன்மைப் பாய்வாக (primary flux) விளங்கி B_1 B_2 பிரஷ்களுக்கிடையே, E_2 மின்னியக்கு விசையினை உண்டாக்குகிறது. இதனால் I_2 மின்னோட்டம் B_1 B_2 பிரஷ்களுக்கிடையே உள்ள சுமை அல்லது இழுப்பு மோட்டார் வழியாகப் பாய்கிறது. இந்த I_2 மின்னோட்டம் B_1 B_2 பிரஷ்களின் அச்சு வழியாக ϕ_2 என்ற துணைக்காந்தப் பாய்வினை விளைவிக்கிறது. இந்த துணைக்காந்தப் பாய்வு (secondary flux) மட்டும் இருந்தால் அதன் பகிர்வு எப்படி இருக்கும் என்பதனைப் படம் 2-28 (அ) (ii)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ϕ_2 என்ற இந்தத் துணை காந்தப்பாய்வு B_1—B_2 பிரஷ்களுக்கிடையே E_1 என்ற மின்னியக்கு விசையினை உண்டாக்குகிறது. இங்ஙனம் உண்டாக்கப்பட்ட E_1 மின்னியக்கு விசை வழங்கப்பட்ட மின்னழுத்த அளவிற்குக் கிட்டதட்ட சரியளவுடையதாகவும் எதிரிடையாகவும் இருக்கும். A_1—A_2 பிரஷ்களுக்கிடையே நிலையான மின்னழத்தம் வழங்கி B_1—B_2 பிரஷ்களுக்கிடையே மின்சுமையினை இணைத்து இருக்கும் நிலைமையில் ϕ என்ற விளைவு-காந்தப்பாய்வு எவ்வாறு பகிர்ந்து கொள்ளப்படுகிறது என்பது படம் 2-28 (அ) (iii)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ϕ என்னும் மொத்த காந்தப்பாய்வு ϕ_1. ϕ_2 என்ற இரு ஆக்கக் கூறு காந்தப்பாய்வுகளினால் ஆனதாகக் கொள்வோம். A_2—A_1 பிரஷ்களின் வழியாகப் பாயும் ϕ_1 என்ற காந்தபாய்விற்கும் B_2—B_1 பிரஷ்கள் வழியாக பாயும் ϕ_2 என்ற காந்தப்பாய்விற்கும் இடையே உள்ள கோணம் 90°.

ஆகவே, $E_1 \propto \phi_2 = KI_2$

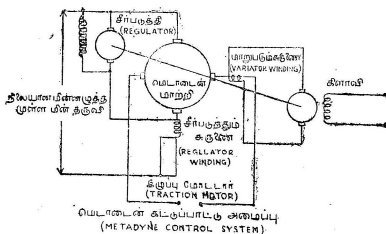
அதேபோல் $E_2 \propto \phi_1 = KI_1$

$$E_1 I_1 = E_2 I_2 = KI_1 I_2.$$

இதில் K என்பது இயந்திரப் பொறி விசையின் மாறிலி.

$E_1 = KI_2$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து மின்திறன் தருவியின் மின்னழுத்தம் நிலையாக இருந்தால், சுமை மின்னோட்டமும் நிலையாய் இருக்கும் என்று தெரிய வருகிறது. ஆகையால், சுமையின் தடை மாறுபட்டு சுமை மின்னோட்டம் நிலையாய் இருந்தால், E_2-வின் மதிப்பு மாறுகிறது. ஆகவே, சமன்பாடு $E_2 = KI_1$-லிருந்து உள்ளீட்டு மின்னாற்றல் அளவினை மாற்றுவதன் மூலம் E_2-ன் மதிப்பையும் மாற்றலாம். இம் முறையில் மெடாடைன் மாற்றி, A_1-A_2 பிரஷ்கள் வழியாக மோட்டாராகவும், B_1-B_2 வழியாக மின்னாக்கியாகவும் இயங்குகிறது. இஃது ஒரு மின்மாற்றி போல் இருந்து நிலையான மின்னழுத்தத்தில், மாறுபடுகின்ற மின்னோட்ட அளவினைக் கொண்ட மின் தருவியினை நிலையான மின்னோட்டத்தில் மாறுபடுகின்ற மின் இயக்கு விசைக்குத் திருத்தும் ஒரு கருவியாக விளங்குகிறது.

மின் சுமை மாருநிலையிலிருந்தால் E_1, E_2, I_2 ஆகியவைகளும் மாரு நிலையிலிருக்கும். மின் சுமை அதிகரித்தால், E_2-ம் I_1-ம் அதிகரித்து, புதிய சுமைக்கு ஏற்றவாறு சரிசெய்து கொள்கின்றன. E_1-ம்-I_2-ம் எப்பொழுதும் மாருநிலையில் இருக்கும்



மெடாடைன் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு
(METADYNE CONTROL SYSTEM)

படம் 2·28 (ஆ).

என்பது ஈண்டுக் குறிப்பிடத் தக்கது. ஆகவே, கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திற்கு இந்த விசைப் பொறியின் மூலம் ஒரே ஒரு மாரு நிலையான மின்னோட்டந்தான் கிடைக்கும். ஆனால், இழுப்புப்

பணிகளுக்கு (traction work) முடுக்க கால அளவிலும், மாறுநிலை வேகத்தில் ஓடும் கால அளவிலும் வெவ்வேறு இழுப்பு முயற்சிகளைப் பெற வெவ்வேறு மாறுநிலை அளவுகள் கொண்ட மின்னோட்டங்கள் தேவை. இதனால்தான் வெளிப்பாடு மின்னோட்டத்தின் கட்டுப்பாடு (output-current control) இந்த அமைப்பிற்கு இன்றியமையாததாகிறது. மாறுபடும் சுருணையினை (variator winding) B_1-B_2 பிரஷ்களுக்குத் தொடர் நிலையில் [படம் 2-28 (ஆ)-ல் காட்டியபடி] இணைப்பதன் மூலம் இத் தேவையினைப் பெறலாம். இங்ஙனம் அமைக்கப்பட்ட மாறுபடும் சுருணையினால் விளைவிக்கப்படும் பாய்வு B_1-B_2 பிரஷ்களின் வழியாகச் செல்லும். ஆகவே, இந்தக் காந்தப் பாய்வு திசையும், E_2 என்ற சுமை மின்னோட்டத்தினால் விளையும் காந்தப் பாய்வு திசையும் ஒன்றாக இருக்கும்.

A_2-A_1 பிரஷ் அச்சு வழியாக மாறுநிலையான மின்னியக்கு விசை அளவினை E_1 நிலைநிறுத்த வேண்டுமானால், B_1-B_2 பிரஷ் அச்சு வழியாகப் பாயும் காந்தப் பாய்வின் அளவு (ϕ_2) மாறுநிலையாக இருக்க வேண்டும். ஆனால், மாறுபடும் சுருணையுடன் கூடிய கட்டுப்பாட்டு அமைப்பில், இந்த ϕ_2 என்றகாந்தப் பாய்வு அளவின் ஒரு பகுதி, மாறுபடும் சுருணையினாலும், மீதிப் பகுதி மின்சுமை மின்னோட்டத்தினாலும் (I_2) ஏற்படுகின்றது. ஆகவே E_1-ன் அளவு மாறுநிலையில் இருக்கும்பொழுது, மாறுபடும் சுருணையினால் விளையும் காந்தப் பாய்வினை அதிகரித்தால், மின்சுமை I_2-ன் அளவு குறைகிறது. E_1 மின்னியக்கு விசைக்குத் தேவையான காந்தப் பாய்வு முழுவதும் மாறுபடும் சுருணையின் மூலம் பெற்றால் மின் சுமை I_2-ன் அளவு சுழி மதிப்பாகும். இந்த நிலையில் மோட்டாராகச் செயல்படும் செய்வினை இருந்தும், மின்னாக்கியாகச் செயல்படும் செய்வினை இல்லை. அதாவது உள்ளீட்டுத் திறன் இருந்தும், திறன் வெளிப்பாடு இல்லை. இதனால் மெடாடைன் மாற்றியின் வேகம் உயர்வு நிலைக்கு அதிகரித்து விடுகிறது. மாறாக, மின்சுமை I_2 யினால் ஏற்படும் காந்தப் பாய்விற்கு எதிர்த் திசையில் சுருணையின் காந்தப் பாய்வு இருந்தால், மின்சுமை I_2 யின் மதிப்பு அதிகரிக்கும்.

மெடாடைன் மாற்றியினால் வழங்கப்பட்ட இழுப்பு மோட்டாரின் பின்-மின்னியக்கு விசை E_2-ன் மதிப்பு மாறுநிலையில் இருந்தால், I_1-ன் மதிப்பும் மாறுநிலையிலிருக்கும். இந்த E_2 மின்னியக்கு விசையில் I_2 மின்சுமை அதிகரித்தால், உள்ளீட்டுத் திறனைவிட திறன் வெளிப்பாடு அதிகமாகும். ஆகவே, மெடாடைன் மாற்றிக்கு அதனை இயக்க ஒரு பொறியின் (machine) திறன் தேவைப்படுகிறது. தேவையான E_2 மின்னியக்கு விசையினை உண்டாக்குவதற்கு, ϕ_1 காந்தப் பாய்வு தேவைப்படுகிறது. இதில் ஒரு பகுதி

சீர்படுத்தும் சுருணையினுல் (regulator winding) வழங்கப்பட்டால், I_2-ன் மதிப்புக் குறையும். இதனுல் மெடாடைன் மாற்றியிலிருந்து வழங்கப்பட்ட மின்திறன் அளவு குறையும். மாருகச் சீர்படுத்தும் சுருணையினுல் வழங்கப்பட்ட காந்தப் பாய்வு I_2 மின்னேட்டத்தினுல் விளையும் காந்தப் பாய்விற்கு எதிர்த்திசையில் இருந்தால், கொடுக்கப்பட்ட E_2-ன் வெளிப்பாடு மின்னழுத்தத்திற்கு, உள்ளீட்டு மின்னேட்டம் I_1-ன் அளவு அதிகமாகத் தேவைப்படும். இதனுல் மெடாடைனின் உள்ளீட்டுத் திறன் அதிகமாகிறது. ஆகவே, மெடாடைன் மாற்றியில் மாறுபடும் சுருணை உள்ளீட்டுத் திறன் அதிகமாகிறது. ஆகவே, மெடாடைன் மாற்றியில் மாறுபடும் சுருணை உள்ளீட்டுத் திறனுக்கும், திறன் வெளிப்பாட்டுக்குமிடையே சமச் சீரின்மையுடையதாக ஆக்கினுல் சீர்படுத்தும் சுருணையின் மூலம் முன்னிலை மீட்பு தானுகவே ஏற்படுகிறது இந்தச் சீர்படுத்தும் சுருணை எப்படி வேலை செய்கிறது என்று பார்ப்போம். மெடாடைன் மாற்றியில் ஏற்படும் மின்னிழப்பினைச் சரியீடு செய்வதற்கும் கிளர்வு மோட்டாரினை இயக்கச் செய்வதற்கும், கிளைபுல மோட்டார் மெடாடைன் மாற்றியின் மின்னேட்டக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பில் இணைக்கப்பட்டு உள்ளது. இந்த மெடாடைன் மாற்றியின் திறன் வெளிப்பாடு, உள்ளீட்டுத் திறனைவிட, அதிகமாக ஆனுலோ, அல்லது குறைந்தாலோ, மெடாடைன் மாற்றியின் வேகம் குறையும். ஆகவே, கிளைபுல மோட்டாரின் வேகமும் குறைகிறது. இதனுல் கிளைபுல மோட்டாரின் பின்-மின் இயக்கு விசையும் குறையும். எனவே, சீர்படுத்தும் சுருணையின் மூலம் அதிகமாக மின்னேட்டம் பாய ஏதுவாகிறது. இந்த மின்னேட்ட அதிகரிப்பு, ϕ_1-ன் காந்த இறக்கத்தினை ஏற்படுத்திக் குறிப்பிட்ட E_2 மின்னழுத்தத்தினைப் பெறுவதற்கு I_1-ன் மதிப்பு அதிகரிக்கச் செய்கிறது. இந்த முறையில் சமன் சீர்வு ஏற்பட்டு கிளைபுல மோட்டார் மாருநிலை வேகத்தில் இயங்க ஏதுவாகிறது.

மெடாடைன் மாற்றியில் இழுப்பு மோட்டாரின் புலத் திசையினை மாற்றியமைப்பதன் மூலம், மீள் ஆக்க நிறுத்தியினைப் பெறலாம். இங்ஙனம் செய்வதால் E_2-ன் திசை மாற்றமடைந்து, உள்ளீட்டு மின்னேட்டம் (I_1) திசையினையும் மாறச் செய்கிறது. மெடாடைன் மாற்றியினுல் வழங்கப்பட்டு இயங்கும் இழுப்பு மோட்டார்களின், திருப்பி இணைக்கப்பட்ட புலத்தில் பாயும் மின்னேட்டத்தினைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் மீள் ஆக்க நிறுத்தியின் அளவினைச் சீர்படுத்தலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 2-18

இரு வடிவொத்த நேர் மின்னேட்டத் தொடர்புல மோட்டார்கள், 550 வோல்ட்டு மின்னழுத்தமுள்ள மின் தருவியிலிருந்து

மின் திறனைப் பெற்று, மோட்டார் பெட்டி வண்டி (motor coach) ஒன்றினை இழுத்துச் செல்கின்றன. முதல் மோட்டார் 95 செ.மீ. விட்டமுடைய இயங்கும் சக்கரங்களுடன் பல்லிணை அமைப்பின் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இரண்டாவது மோட்டார் 90 செ.மீ. விட்டமுடைய இயங்கும் சக்கரங்களுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. 550 வோல்ட் மின் தருவிக்குக் குறுக்கே இவ்விரு மோட்டார்களும் இணை நிலையில் இணைந்திருக்கும்படி உள்ளது. முதல் மோட்டாரின் வேகம் 500 சுற்றுகள்/நிமிடம் என்றால், இரு மோட்டார்களும் தொடர் நிலையில் இணைந்திருக்கும் பொழுது இருக்கும் வேகத்தினைக் கண்டு பிடிக்கவும், மோட்டார் மின்னக மின்னோட்டம் அதே அளவில் இருப்பதாகவும், இந்த மின்னோட் டத்தில் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி 10 சதவீதம் எனவும் கொள்க.

தீர்வு :

நேர் மின்னோட்ட மோட்டார்களின் வேகம்

$$= N \times \frac{V - IR}{\phi}$$

மோட்டார்கள் தொடர் நிலையிலும், இணை நிலையிலும் இணைக் கப்படும் கால அளவுகளில், பாயும் மின்னோட்டம் மாறுநிலையில் இருப்பதால், இந்த மின்னோட்டத்தில் உண்டாகும் காந்தப் பாய்வும் நிலையாக இருக்கும்.

ஆகவே, $N \propto V - IR.$

தொடர் நிலையில், முதல் இரண்டாவது மோட்டார்களின் மின்னழுத்தம் முறையே V_1, V_2 எனக் கொண்டால்

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1 - IR}{V_2 - IR}$$

$$V_1 - IR = \frac{N_1}{N_2}(V_2 - IR)$$

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2}(V_2 - IR) + IR$$

$$= \frac{N_1}{N_2}(V - V_1 - IR) + IR.$$

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2}(V - IR) + IR - \frac{N_1}{N_2} \times V_1$$

$$\therefore V_1\left(1+\frac{N_1}{N_2}\right) = \frac{N_1}{N_2}(V - IR) + IR.$$

$$V_1 = \frac{\frac{N_1}{N_2}(V - IR) + IR}{1 + \frac{N_1}{N_2}}$$

$V = 550$ வோல்ட்டுகள்

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{90}{95} = \frac{18}{19}$$

$$IR = \frac{10}{100} \times 550 = 55 \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

$$\therefore V_1 = \frac{\frac{18}{19}(550 - 55) + 55}{1 + \frac{18}{19}}$$

$$= \frac{\left(\frac{18}{19} \times 495\right) + 55}{37/19} = 269{\cdot}1$$

$$V_2 = 550 - 269{\cdot}1 = 280{\cdot}9.$$

550 வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்தத்தில் முதல் மோட்டாரின் வேகம் 500 சுற்றுகள்/நிமிடம்.

$\therefore$ 269·1 வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்தத்தில் முதல் மோட்டாரின் வேகம்,

$$N_1 = \left(\frac{V_1 - IR}{V - IR}\right) \times 500$$

$$= \frac{269{\cdot}1 - 55}{550 - 55} \times 500$$

$$= \frac{214{\cdot}1}{495} \times 500 = 216{\cdot}3$$

$$= 216 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்.}$$

ஆனால், $\frac{N_1}{N_2} = \frac{90}{95} = \frac{18}{19}$

$$\because N_2 = \frac{19}{18} \times 216 = 228 \text{ சுற்றுகள்/நிமிடம்}$$

எடுத்துக்காட்டு 2-19.

ஒரு மின்முறை இழுப்பு மோட்டார் கீழ்க்கண்ட சிறப்பியல்புகளைக் கொண்டுள்ளது :

மின்னோட்டம் (Amperes)	80	120	160	200	240
வேகம் (கி.மீ/மணி)	55	45	40	36	33
இழுப்பு முயற்சி (நியூட்டன்கள்)	1800	5000	9000	12500	18500

வண்டிச் சக்கரங்களின் விட்டம் 90 செ. மீ. பல்லிணை விகிதம் 70 : 21 இந்த வண்டிச் சக்கரங்களுக்குப் பதிலாக, 95 செ. மீ விட்டமும், பல்லிணை விகிதம் 73 : 18-ம் உள்ள சக்கரங்களை மாற்றீடு செய்தால், கிடைக்கும் புதிய சிறப்பியல்புகளைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு :

கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்ட அளவில் ஒரு மோட்டாரின் வேகமும், திருக்கமும் அதே அளவுடையதாயிருக்கும். இயங்க வைக்கும் சக்கரத்தினையும், பல்லிணைகளையும் மாற்றுவதன்மூலம் வேகம், இழுப்பு முயற்சி ஆகியவற்றின் நேரான அளவுகள் மாற்றமடைகின்றன.

D_1 என்பது 90 செ.மீ. சக்கரத்தின் விட்டம்.

D_2 என்பது 95 செ.மீ. சக்கரத்தின் விட்டம்.

N_1 என்பது 90 செ.மீ. சக்கரத்தின் வேகம்(சுற்றுகள் / நிமிடம்)

N_2 என்பது 95 செ.மீ சக்கரத்தின் வேகம் (சுற்றுகள் / நிமிடம்)

V என்பது இரயில் வண்டியின் வேகம் (கி.மீ./மணி)

90 செ.மீ. விட்டமுடைய வண்டிச்சக்கரம் கடந்த தூரம் $= \pi D_1 N_1$ மீட்டர்/நிமிடம்.

$$\pi \times 0{\cdot}9 \times N_1 = \frac{1000\,V}{60}$$

$$\therefore \quad N_1 = \frac{1000\,V}{\pi \times 0{\cdot}9 \times 60}$$

மோட்டாரின் வேகம் $= \dfrac{70}{21} \times N_1$

பல்வினை விகிதம் 73 : 18-ம் வண்டிச் சக்கரம் 95 செ.மீ. உள்ள தாகவும் மாற்றீடு செய்தால், வண்டிச் சக்கரத்தின் வேகம்,

$$N_2 = \frac{70}{21} \times \frac{18}{73} \times N_1$$

$$= \frac{70}{21} \times \frac{18}{73} \times \frac{1000\,V}{\pi \times 0{\cdot}9 \times 60}$$

95 செ.மீ. விட்டமுடைய சக்கரத்தின் வேகம்

$$= \pi\, D_2\, N_2 \frac{60}{1000} \text{ கி.மீ./மணி.}$$

$$= \pi \times 0{\cdot}95 \left(\frac{70}{21} \times \frac{18}{73} \times \frac{1000\,V}{\pi \times 0{\cdot}9 \times 60} \times \frac{60}{1000} \right) \text{ கி.மீ./மணி.}$$

$$= \frac{70}{21} \times \frac{18}{73} \times \frac{0{\cdot}95}{0{\cdot}9}\, V \text{ கி.மீ./மணி.}$$

$$= 0{\cdot}8678\, V \text{ கி.மீ.}$$

Ft_1 என்பது 90 செ.மீ. விட்டமுடைய வண்டிச் சக்கரங்களின் இழுப்பு முயற்சி (நியூட்டன்) ஆகும்.

வண்டிச் சக்கர அச்சின் திருக்கம் $= Ft_1 \times D/2$.

மோட்டார் இருசில் திருக்கம் $= Ft_1 \times \dfrac{D}{2} \times \dfrac{21}{70}$

பல்வினை விகிதம் 73 : 18 என்ற விகிதத்திற்கு மாற்றும் பொழுது வண்டிச் சக்கர அச்சின் திருக்கம்,

$$= Ft_1 \times \frac{D}{2} \times \frac{21}{70} \times \frac{73}{18}$$

ஆகவே, 95 செ.மீ. விட்டமுடைய வண்டிச் சக்கரங்களின் இழுப்பு முயற்சி $Ft_2 = Ft_1 \times \dfrac{D_1}{2} \times \dfrac{21}{70} \times \dfrac{73}{18} \times \dfrac{2}{D_2}$

$$= Ft_1 \times \frac{D_1}{D_2} \times \frac{21}{70} \times \frac{73}{18}$$

$$= Ft_1 \times \frac{0{\cdot}9}{0{\cdot}95} \times \frac{21}{70} \times \frac{73}{18}$$

$= 1{\cdot}153\, Ft_1$ நியூட்டன்கள்.

எனவே, மோட்டாரின் புதிய சிறப்பியல்புகளாவன :

மின்னோட்டம் (ஆம்பியர்கள்)	80	120	160	200	240
வேகம் (கி.மீ./மணி)	47·73	39·04	34·71	31·24	28·64
இழுப்பு முயற்சி (நியூட்டன்கள்)	2,074	5,762	10,370	14,410	21,320

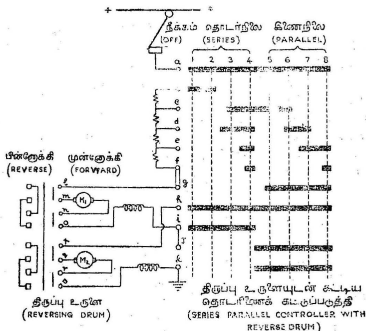
2-8-6. உருளை வகைக் கட்டுப்படுத்தி (Drum type controller)

இந்த வகைக் கட்டுப்படுத்தி, இரு தொடர்புல மோட்டார்களைத் தொடர்-இணை இயக்க முறையில் கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுகிறது. படம் 2-29-ல் காட்டப்பட்டுள்ள உருளைக் கட்டுப்படுத்தி கிளை வழி மாறுநிலை (shunt transition) வகையினைச் சார்ந்தது. இஃது ஒரு சுழலும் உருளையினைப் பெற்றிருக்கிறது. இந்த உருளை மின் காப்பிட்டதும், ஒன்றோடொன்று பின்னி இணைக்கப்பட்டதாகவும் அமைக்கப்பட்ட (insulated and inter connected) தகட்டுத் துண்டு களினால் (segments) ஆனது. உருளையைச் சுழலச் செய்தால், இத் துண்டுகள் நிலையான தொடுமுனைகளுடன் (fixed contacts) வெவ்வேறு படிநிலையில் (positions) வெவ்வேறு விதமாக மின் தொடர்பு கொண்டிருக்கும். இந்த நிலையான தொடுமுனைகள் விரல்கள் வடிவம்போல் இருப்பதால், இவற்றை விரல்கள் (fingers) என வழங்குவர். இந்தக் கட்டுப்பாட்டில் எட்டுப் படிநிலைகள் (positions) உள்ளன. நான்கு படிநிலைகள் மோட்டார்களைத் தொடர் நிலையில் இயக்குவதற்கும், மற்ற நான்கு படிநிலைகள் மோட்டார்களை இணை நிலையில் இயக்குவதற்கும் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. கட்டுப்படுத்தியின் இயக்கப் படிநிலையினை வெட்டுக் குறி அல்லது பிளப்பு (notch) எனக் குறிப்பிடுவர். ஒவ்வொரு பிளப்புப் படிநிலையினைப் படத்தில் செங்குத்துப் புள்ளியிட்ட கோட்டினால் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. அதேபோல் தகட்டுத் துண்டு கள் கனமான கோடுகளினால் கிடைத் தளத்தில் காட்டப்பட் டுள்ளன. விரல்கள் வடிவ நிலையான தொடுமுனைகள் சிறு வட்டங்களால் செங்குத்து வரிசையில் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

விரல்கள் வடிவத் தொடுமுனைகளுக்குக் குறுக்கே தொடக்க மின் தடையும் (starting resistance), திருப்பு தொடுமுனைகளும் (reversing contacts) அமைக்கப்பட்டுள்ளன. திருப்பு உருளை (reversing drum) என்னும் மற்றொரு சுழலும் உருளையினைக் கொண்டு, மோட்டார் முனைகளை மாற்றியமைத்து, மோட்டாரினை எதிர்த் திசையில் இயங்கச் செய்யலாம்.

திருப்பு உருளையினை முன்னோக்கிச் செல்லும் நிலைமையில் வைத்து, கட்டுப்படுத்தி உருளையினைப் பிளப்புப் படிநிலை (notching

position) 1-ல் வைத்தால், நிலையான விரல் வடிவத் தொடு முனைகள், பிளப்புப் படிநிலை 1-க்கு எதிரே உள்ள புள்ளியிட்ட



படம் 2-29.

செங்குத்துக் கோட்டின்படி தொடர்பு கொள்ளும். அதாவது தகட்டுத் துண்டுகள், விரல் வடிவத் தொடுமுனைகளுடன் (a-ம் b-ம், h-ம் i-ம்) இணைந்திருக்கும். இந்த நிலைமையில் மின்னோட்டம் நேர்க் குறி (+) முனையிலிருந்து விரல் முனை a, கட்டுப்படுத்தி உருளைத் துண்டு $a-b$; விரல் முனை b, தொடக்க மின் தடை முழுவதும் $b-f$, விரல் முனை g, விரல் முனை i, திருப்பு உருளைத் துண்டு $l-m$, விரல் முனை m மோட்டார் I-ன் மின்னகம், விரல் முனை n, திருப்பு உருளைத் துண்டு $n-0$, விரல் முனை 0, மோட்டார் I-ன் புலச் சுருள், விரல் முனை i, கட்டுப்படுத்தி உருளைத் துண்டு $i-h$, விரல் முனை h விரல் முனை p, திருப்பு உருளைத் துண்டு $p-q$, விரல் முனை q மோட்டார் II-ன் மின்னகம், விரல் முனை r, திருப்பு உருளைத் துண்டு $r-s$, விரல் முனை s, மோட்டார் II-ன் புலச் சுருள் விரல் முனை k ஆகியவற்றின் வழியாகப் பாய்ந்து எதிர்க்குறி (—) யினை அடைகிறது. இந்த நிலையில் மோட்டார்கள் இரண்டும் தொடர்

நிலையில் இணைக்கப்பட்டுக் கிடைக்கும் மோட்டார் சுற்றதருடன் தொடக்க மின் தடையின் முழு அளவும் தொடர் நிலையில் இருக்கும்.

பிளப்புப் படிநிலை 2-ல், கட்டுப்படுத்தி உருளைத் துண்டு விரல் முனைகள் a-யினையும் c-யினையும், விரல் முனைகள் 'h'-ஐயும், 'i'-யையும் இணைக்கச் செய்து, தொடக்க மின் தடையின் ஒரு பகுதி $b-c$, மின்-சுற்றதரிலிருந்து நீக்கப்படுகிறது. இதனுல் மோட்டாரின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. அதேபோல் பிளப்புப் படிநிலை 3-லும், தொடக்க மின் தடையில், இன்னும் கூடுதலான மின்தடை அளவு $b-d$ நீக்கப் படுகிறது. 4ஆவது பிளப்புப் படிநிலையில், தொடக்க மின் தடையின் அளவு சுழிமதிப்பாகி, ஒவ்வொரு மோட்டாரின் குறுக்கே மொத்த மின்னழுத்தத்தில் பாதி மின்னழுத்தம் இருக்கும்படி செய்கிறது.

உருளையை மேலும் நகர்த்தினுல் (அதாவது பிளப்புப் படிநிலை 4-க்கும் 5-க்கும் இடையில்), தொடக்க மின்தடை முழு அளவின் பெரும்பகுதியினை மின் சுற்றதரில் மீண்டும் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டு, மோட்டார் II-க்குக் குறுக்குச் சுற்றதரிடப் படுகிறது.

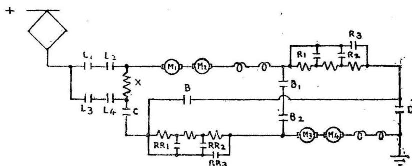
பிளப்புப் படிநிலை 5-ல், மோட்டார் II-ம் மின் சுற்றதரும் மீண்டும் இணைக்கப்பட்டு, மோட்டார் Iஉடன் இணைநிலையில் இயங்குகிறது. கட்டுப்படுத்தி உருளையை மேலும் நகர்த்துவதன் மூலம் தொடக்க மின்தடையின் அளவினைப் படிப்படியாகக் குறைத்துக்கொண்டே வந்து, இறுதி நிலைமையாகிய 8ஆம் பிளப்புப் படிநிலையில் தொடக்க மின்தடையினைச் சுழிமதிப்புக்குக் கொணர்ந்து, இணைநிலையிலுள்ள இரு மோட்டார்களை முழு மின்னழுத்தத்திற்குக் குறுக்கே இணைக்கப்படுகிறது.

கட்டுப்படுத்தி உருளை மின் தருவியுடன் இணைக்கப்படாதிருக்கும் பொழுதுதான் (off position), திருப்பு உருளையை முன்னேக்கிச் செல்லும் திசையிலோ, அல்லது பின்னேக்கிச் செல்லும் திசையிலோ இயக்க முடியும். இங்ஙனம் செய்வதற்குத் திருப்பு உருளைக்கும், கட்டுப்படுத்தி உருளைக்கும் இடையே பொறிப் பின்னல் அமைப்பு முறை (mechanical inetrlock) உள்ளது. மோட்டார் சுழலும் திசையினை மாற்றுவதற்கு, திருப்பு உருளையைப் பின்னேக்கிச் செல்லும் திசையில் வைத்தால், மோட்டார் மின்னக முனைகள் மட்டும் மாற்றமடைந்து, மின்னக மின்னேட்டம் எதிர்த் திசையில் பாய்கிறது. புலச் சுருளில் பாயும் மின்னேட்டத் திசை

நிலை நிறுத்தப்படுகிறது. கட்டுப்படுத்தி உருளை ஒரு பிளப்புப் படி நிலையிலிருந்து மற்ரொரு பிளப்புப் படி நிலைக்கு மாற்றமடையும் பொழுது தொடுமுனைகளுக்கிடையே தீச்சுடரொளி ஏற்படுகிறது. காந்த ஊதிச் சுருள் அமைப்பினைப் (magnetic blow-out coil system) பயன்படுத்துவதன் மூலம் இச் சுடரொளி நிகழாத வண்ணம் செய்யலாம்.

2-8·7. 1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட இரயில் வண்டியின் மின்திறன் அமைப்பிலுள்ள சமனி நிலை மாறும் முறையில் தொடர்-இணைக் கட்டுப்பாடு

1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட இரயில் வண்டி மின்திறன் அமைப்பினைக் காட்டும் வரைபடம் (படம் 2-30) கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் நான்கு தொடர்புல மோட்டார்கள் சமனி நிலை மாறும் முறையில் (bridge transition) தொடர் இணை இயக்கத்திற் கேற்றவாறு மின்கம்பியிடப்பட்டுள்ளது.

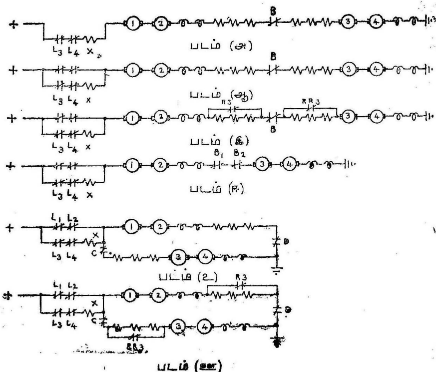


படம் 2-30.
1500 வோல்ட்டு நேர்மின்னோட்ட இரயில் வண்டியின் மின்திறன் அமைப்பு (சமனிநிலை மாறும் முறை)

தொடக்க நிலைமையில் மின் தொடர்கம்பி இணைப்பிகள் (line switches) L_3, L_4 தொடுவிச் சுருளின் தொடுமுனை B ஆகியவை மூடிய நிலைமையில் இருக்கும். இதனால் நான்கு மோட்டார்கள் M_1, M_2, M_3, M_4 ஆகியவை தொடர் நிலையில் இணைக்கப்படுகிறது. இந்தச் சுற்றதரில் பாதுகாப்பு மின்தடை 'X'ம், தொடக்க மின் தடைகளின் முழு அளவும் தொடர் நிலையில் படம் 2-31 (அ)-ல் காட்டியபடி இணைக்கப்பட்டிருக்கும். தொடக்கத்தின்போது ஏதேனும் ஒரு மோட்டாரில் பழுது ஏற்பட்டால், இந்தச் சுற்றதர் மிகை மின்னோட்டத்தால் சேதமடையாமல் பாதுகாக்கும் பொருட்டு பாதுகாப்பு மின்தடை (protective resistance) X, தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

அதன் பிறகு மின் தொடர் இணைப்பிகள் L_1 L_2 ஆகியவை மூடப்படுவதால், பாதுகாப்பு மின்தடை X-க்குச் சுற்றதரிடப்பட்டு படம் 2-31 (ஆ)-ல் காட்டியபடி நான்கு மோட்டார்களுடன் இரு தொடக்க மின்தடைகளின் முழு அளவும் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

பிறகு தொடுமுனைகள் R_1, RR_1 மூடப்படுவதால், இரு தொடக்க மின்தடைகளில் சிறு பகுதி சுற்றதரிலிருந்து நீக்கப்படுகிறது. இங்ஙனம் தொடக்க மின்தடைகளின் அளவு படிப்படியாகக் குறைந்துகொண்டே வந்து இறுதியில் சுழிமதிப்பினை அடைகிறது. இச் சமயத்தில் படம் 2-31(இ)-ல் காட்டியபடி நான்கு மோட்டார்கள் மட்டும் தொடர்நிலையில், மின்தருவியின் முழு மின்னழுத்தத்திற்குக் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 2-31.

இதற்குப் பிறகு, B_1, B_2 தொடுமுனைகள் மூடப்பட்டு, தொடுமுனை B திறப்பதால், நான்கு மோட்டார்கள் மட்டும் தொடக்க மின்தடைகள் இன்றி, தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் [படம் 2-31 (ஈ)].

பிறகு தொடுமுனைகள் R_3-ம் RR_8-ம் திறக்கப்பட்டு, தொடு முனைகள் C-ம் D-ம் மூடப்படுகின்றன. இந்த நிலைமையில் படம் 2-31 (உ)-ல் காட்டியபடி, தொடர்நிலையில் உள்ள M_1, M_2 என்ற மோட்டார்களின் தொகுப்பு, மற்றத்தொடர் நிலைத் தொகுப்பு மோட்டார்களாகிய M_3, M_4 உடன் இணை நிலையில் இணைக்கப்படும். இப்படி இணைக்கப்பட்ட சுற்றதருடன் தொடர்நிலையில் இரு தொடக்கமின் தடைகள் மீண்டும் இணைக்கப்படும். பிறகு மின்தடைகள் படிப்படியாகச் சுற்றதரிலிருந்து நீக்கப்பட்டு இறுதியில் சுழி மதிப்பினையடையும். இந்த நிலைமையில், தொடர்நிலை மோட்டார்கள் M_1, M_2, மற்றத் தொடர்நிலை மோட்டார்கள் M_3, M_4 உடன் இணை நிலையில் படம் 2-31 (ஊ)-ல் காட்டியபடி மின்தருவியின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

2-8·8. புலவலிமையினைக் குறைத்தல் (Field Weakening)

நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் வேகம் காந்தப் பாய்விற்கு எதிர்விகிதத்தில் இருப்பதால், புலச்சுருளின் காந்த வலிமை குறைந்தால், மோட்டாரின் வேகம் அதிகரிக்கும். தொடர்-இணைக் கட்டுப்பாட்டின்மூலம், இழுப்பு மோட்டார்கள் பெரும வேகத்தினை அடைந்த பிறகும்கூட, 10 சதவீதம் முதல் 15 சதவீதம் வரை வேக அதிகரிப்பினை வழக்கமாக இந்த முறையில் பெறலாம். புலச்சுருளுக்கு இணையாக வழி திருப்பி மின்தடையினை (diverter) இணைத்தோ அல்லது புலச்சுருளில் மடையினை எடுத்தோ (tapping), புலவலிமையினைக் குறைக்கச் செய்யலாம். குறைந்த வேகங்களில் செல்லும் நகர்ப்பணி இரயில்வண்டியின் வேகத்தினை இம் முறையில் அதிகரிக்கச் செய்து, அதே வண்டியினைப் புறநகர்ப் பணிக்கும் இம் முறையில் உயர் வேகங்களில் செல்லும்படி பயன்படுத்திக்கொள்ளலாம். இங்ஙனம் இரயில்வண்டிப் பயனுடைமையின் நெளிவு அதிகரிக்கிறது (increases the flexibility of the train utility).

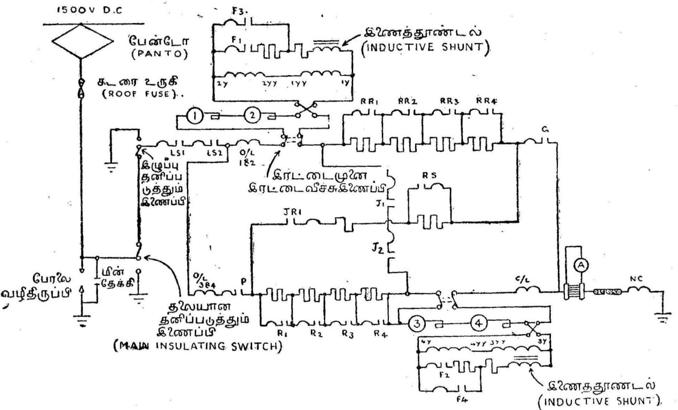
2-8·9. 1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட மின்திறன் சுற்றதர் (1500V D.C. Power Circuit)

நடை முறையில் இழுப்பு முறைப் பணிக்குப் பயன்படுத்தப்படும் இரயில் வண்டி மோட்டாருக்கான மின்திறன் சுற்றதர் படம் 2-32-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. தலைமிசைக் கம்பியிலிருந்து பேன்டோகிராப் (pantograph) வழியாக மின்னோட்டம் திரட்டப்படுகிறது. இங்ஙனம் திரட்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கூரை உருகியின் (roof fuse) மூலம் தலையான தனிப்படுத்து இணைப்பியினை (main isolating switch) வந்தடைகிறது. மின்தொடர்

இணைப்பிகளில் (line switches) பழுது ஏற்பட்டால், அவற்றைப் பாதுகாக்கும் பொருட்டு, இந்தக் கூரை உருகி அமைக்கப் பட்டுள்ளது. கூரை உருகியின் எதிர்க்குறிப் பக்கத்திற்கும் தரை யிடப்பட்ட பகுதிக்கும் இடையே பேரலை வழிதிருப்பி (surge diverter) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தப் பேரலை வழிதிருப்பியுடன் இணை நிலையில் மின்தேக்கி (capacitor) ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள் ளது. தலையான தனிப்படுத்தும் இணைப்பியிலிருந்து மின்னோட்டம் இழுப்பு - தனிப்படுத்தும் இணைப்பியினை (traction isolating switch) வந்தடைகிறது. பிறகு அங்கிருந்து மின்தொடர் இணைப்பி தொடுமுனைகள் LS_1, LS_2 வழியாக இரட்டைமுனை இரட்டை வீச்சு இணைப்பியினை (double pole double throw switch) வந்தடை கின்றது. இரட்டைமுனை இரட்டை வீச்சு இணைப்பி மேல் பாகத்தில் (IN position) இணைக்கப்பட்டிருந்தால், இரு தொடர்புல மோட்டார்கள் சுற்றதரில் இணைக்கப்படும். இந்த இணைப்பியினைக் கீழே பொருத்தினால் (OUT position), மோட்டார்கள் சுற்றதரி லிருந்து நீக்கப்படும். இங்ஙனம் தொடக்க மின்தடைகளும் இழுப்பு மோட்டார்களும் மின்தருவியுடன் மேற்குறிப்பிட்டவற்றின் வழியாகச் சுற்றதரினுள் இணைக்கப்படுகின்றன.

ஒவ்வொரு மோட்டார்க் கோச்சு வண்டியிலும் நான்கு மோட்டார்கள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த மோட்டார் சுற்றதர்களை இருவகையாகப் பிரித்து, ஒவ்வொரு சுற்றதரிலும் இரு மோட்டார்கள் தொடர்நிலையில் நிலையாக இணைத்துத் தொடர்-இணைக் கட்டுப்பாட்டுக்கு (series-parallel control) உகந்தவாறு செய்யப்பட்டுள்ளது. மோட்டார்கள் 1-ம், 2-ம் நிலை யாகத் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு தொகுப்பு ஆகும். அதேபோல் மற்றொரு தொகுப்பில் மோட்டார்கள் 3-ம், 4-ம் அடங்கியுள்ளன. இதில் சமனி மாறுநிலை (bridge transition) வகை மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. முதல் தொகுப்பு மோட்டார் களின் [மோட்டார்கள் (1)-ம், (2)-ம்] நேர்க்குறிப் பக்கத்தில் உள்ள மிகைச்சுமை உணர்த்தி மட்டுந்தான் (overload relay OL 1&2) எல்லா மோட்டார்கள் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டு இயங்கும் பொழுது சுறறதரில் தனித்து இணைந்திருக்கும். இரு தொகுப்பு களும் இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டு இயங்கும்பொழுது மற்றொரு மிகைச்சுமை உணர்த்தி (OL 3 & 4) முதல் மிகைச்சுமை உணர்த்தி யுடன் (OL 1&2) இணை நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

JR_1 என்னும் சேர்ப்புத் தொடுவி (combination contactor) இந்த இரு தொகுப்பு மோட்டார்களைத் தொடர்நிலையில் இணைந் திருக்கச் செய்கிறது. P, G என்னும் இரு சேர்ப்புத் தொடுவிகள்,



படம் 2-32.
1500 வோல்ட்டு நேர் மின்னோட்ட மின் திறன் சுற்றதர் (1500V D. C. Circuit)

இரு தொகுப்பு மோட்டார்களை இணைநிலையில் இணைக்கச் செய்கிறது. J_1, J_2 என்னும் மாறுநிலைத் தொடுவிகள் (transition contactors) தொடர்நிலை-பிளப்பு (series notch) இறுதியிலும் தொடர்நிலையிலிருந்து இணைநிலைக்கு மாறும்பொழுதுள்ள மாறுநிலை காலப்பகுதியிலும் (transition period) மோட்டார்ச் சுற்றதர்களில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

தொடக்க மின்தடைகள் (starting resistors), மோட்டார்களைத் தொடக்கும்பொழுது, அவற்றினூடே பாயும் மின்னோட்ட அளவினை வரம்புக்குட்படுத்துகின்றன. மேலும், தொடக்க மின்தடைகளின்மூலம் மோட்டார்கள் சீரான முடுக்கமடைய ஏதுவாகிறது.

இரு தொகுப்பு மோட்டார்கள் தொடர்நிலையில் இணைந்து இயங்கும்பொழுது, மின்தடை தொடுவிகளாகிய RS; RR_1, R_1; RR_2, R_2; RR_3, R_3; RR_4, R_4 ஆகியவை வரிசைக் கிரமமாக இயக்கமடைந்து, தொடக்க மின்தடை அளவினைப் படிப்படியாகக் குறைக்கிறது. இரு தொகுப்பு மோட்டார்கள் இணைநிலையில் இணைந்தியங்கும்பொழுது, மின்தடை தொடுவிகளாகிய RR_1, R_1; RR_2, R_2; RR_3, R_3; RR_4, R_4 ஆகியவை மட்டும் ஒவ்வொன்ருக இயக்கமடைந்து, தொடக்க மின்தடையின் அளவினைப் படிப்படியாகக் குறைக்கிறது. இங்ஙனம் தொடக்க மின்தடை முழுவதும் நீக்கப்பட்டு, இணைநிலையில் மோட்டார்கள் இயங்கும்பொழுது இரயில் வண்டி அதன் முழு வேகத்தில் செல்லும். இந்த வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமான வேகங்களைப் பெறுவதற்கு இரண்டு பிளப்புகள் (two notches) உள்ளன. மோட்டார்களின் தொடர்புலச் சுருள்களின் காந்த வலிமையினைக் குறைக்கச் செய்வதன் மூலம் இந்த உயர் வேகங்களைப் பெறலாம். (F_1, F_2) என்னும் தொடுமுனைகள் மூடினால் முதல் படிநிலை (first stage) உயர் வேகத்தினைப் பெறலாம். இரண்டாம் படிநிலையில், (F_3, F_4) தொடுமுனைகளை மூடச் செய்து, இன்னும் அதிகமான வேகத்தினைப் பெறலாம்.

திருப்பியினைக் (reverser) கொண்டு, மோட்டார்களின் தொடர்புலச் சுருள்களின் முனைமைகளை மாற்றியமைப்பதன் மூலம் மோட்டார்களை எதிர்த் திசையில் சுழல வைக்கலாம்.

இழுப்பு மோட்டார்கள் இயங்கும்பொழுது, மின்தருவியினின்று மின்னோட்டம் திடீரென்று தடைபட்டால், NC என்னும் மின்னோட்டமற்ற உணர்த்தி (no current relay) இயக்கமடைந்து மின் தொடர் இணைப்பித் தொடுமுனைகளைத் (LS_1, LS_2) திறக்கச்

செய்கிறது. இங்ஙனம் செய்வதால் மின்னோட்டம் மின்தருவி யினின்று புதுப்பிக்கப்பட்டவுடன், மோட்டார்களைப் பாதுகாத்து அவற்றை ஆரம்ப நிலையிலிருந்து தொடங்கச் செய்ய முடிகிறது.

இரண்டாவது தொகுப்பு மோட்டார்களின் (மோட்டார்கள் 3&4) எதிர்க் குறி பக்கத்தில் இரு மின்னோட்ட உணர்த்திகள் (current relays—$CL/1$ & $CL/2$) சுற்றதரில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை கள் மோட்டார்கள் தாமாகவே முடுக்கமடைவதைக் கட்டுப்படுத்து

இணைப்பிகளின் வரிசைக்கிரமம் (SEQUENCE OF SWITCHES)

	பிணைப்பு NOTCH	படிநிலை STEP	LS1	LS2	RS	RR1	R1	RR2	R2	RR3	R3	RR4	R4	JR1	J1	J2	P	G	F1	F2	F3	F4
தொடர்நிலை (SERIES)	1	1	■	■										■								
		2	■	■	■									■								
	2	3	■	■	■	■								■								
		4	■	■	■	■	■							■								
		5	■	■	■	■	■	■						■								
		6	■	■	■	■	■	■	■					■								
		7	■	■	■	■	■	■	■	■				■								
		8	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■								
		9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■								
		10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
		11	■	■	■										■	■						
[illegible]			■	■	■										■	■	■	■				
இணைநிலை (PARALLEL)	3	12	■	■	■												■	■				
		13	■	■	■	■	■										■	■				
		14	■	■	■	■	■	■	■								■	■				
		15	■	■	■	■	■	■	■	■	■						■	■				
		16	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■				
WF1	4	17	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■		
WF2	5	18	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■

படம் 2-33.

இணைப்பிகளின் வரிசைக்கிரம அட்டவணை (Sequence chart)

கின்றன. பொதுவாக ஒரே ஒரு மின்னோட்ட உணர்த்தியினை மட்டுந்தான் பயன்படுத்தப்படும். வண்டி ஓட்டுநர் அறையில் உள்ள தள்ளு-பொத்தானை (push button) அழுத்தினால், மற்றொரு மின்னோட்ட உணர்த்தியினை இயங்க வைக்கலாம். வண்டி

செங்குத்துச் சரிவில் செல்லும்பொழுது அதிகமான முடுக்கம் தேவை. அப்படிப்பட்ட நிலைமைகளில் இந்த உணர்த்தியினை இயக்கச் செய்து தேவையான முடுக்கத்தினைப் பெறலாம்.

2-8-10. இரயில் வண்டி முடுக்கமடையும் விதம்

கிளைவழி திருப்பம்-தொடர்நிலை பிளப்பு 1 (Shunting-Series Notch 1)

தலையான கட்டுப்பாட்டமைப்பில் (master controller) உள்ள திருப்பு சாவியின் (reverse key) மூலம், முன்னேக்கிச் செல்லும் திசை அல்லது பின்னேக்கிச் செல்லும் திசையினைத் தேர்ந்தெடுத்தபின், தலையான கைப்பிடியினை (main handle) அசைத்து பிளப்பு 1-ல் (notch 1) பொருத்தினுல், மின்தடை இணைப்பித் தொடுமுனைகள் LS_1, LS_2, சேர்ப்புத் தொடுமுனை JR_1 ஆகியவை மூடப்படுகின்றன. இந்த நிலையில் இழுப்பு மோட்டார்களில் பாயும் மின்னேட்டம் மிகக் குறைவு. ஆகவே, இழுப்பு முயற்சியும் மிகக் குறைவே. இதனல் இரயில் வண்டி தடங்கலின்றி இயக்குவிக்கப்படுகிறது. தொடு முனை RS மூடப்பட்டு கிளை வழி திருப்பப் பிளப்பு (shunting notch) முழுமையான அளவினை அடைகிறது.

தொடர் நிலை பிளப்பு 2 (Series Notch 2)

இந் நிலையில், மேற் குறிப்பிட்ட தொடு முனைகள் LS_1, LS_2, JR_1 ஆகியவைகள் மூடப்படுவதுடன், மின்னேட்ட வரம்பு உணர்த்தியின் (current limit relay) கட்டுப்பாட்டினுல் இயங்கும் மின்தடை தொடு முனைகள், படம் 2-33-ல் காட்டியுள்ள வரிசைக் கிரம அட்டவணைப்படி (sequence chart), ஒவ்வொன்ருக மூடப்படுகின்றன. இங்ஙனம் எல்லா மின் தடை தொடு முனைகள் (R_1 முதல் R_4 வரை & RR_1 முதல் RR_4 வரை) மூடப்பட்ட பிறகு, மாறு நிலை தொடு முனைகள் J_1, J_2 மூடப்பட்டு, தொடர் நிலை பிளப்பு (series notch) முழு நிலையினை அடைகிறது. J_1, J_2 தொடு முனைகள் மூடும்பொழுது, மின்தடை தொடு முனைகள் (RR_1, R_1 ; RR_2, R_2 ; RR_3, R_3 ; RR_4, R_4) சேர்ப்பு தொடு முனை JR_1 ஆகியவை திறக்கப்படுகின்றன. இந்த நிலையில் மோட்டார்களின் வேகம் அதன் திட்டவரை அளவில் பாதியே இருக்கும். இந் நிலையில் மோட்டார் தொகுப்புகள் தொடர் நிலையிலிருந்து இணை நிலைக்கு மாற்றமடைவதற்கான மாறுநிலை அமைப்புக்கு ஆயத்தமாக்கப்படுகிறது.

மாறுநிலை (Transition)

தொடர் நிலை-பிளப்பு முழுமையான நிலைமையினை அடைந்த பிறகு, சேர்ப்பு தொடு முனைகள் P-ம் G-ம் மூடப்படுகின்றன.

அதே சமயத்தில், J_1, J_2 தொடு முனைகள் திறக்கப்படுகின்றன. இந்த நிலையில் மோட்டார் தொகுப்புகள் (மோட்டார்கள் 1 & 2, மோட்டார்கள் 3 & 4) இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டு, இச் சுற்ற தருடன் தொடக்க மின் தடையும் இணைக்கப்படுகிறது.

இணைநிலை பிளப்பு 3 (Parallel - Notches 3)

தொடர் நிலையில் நிகழ்ந்ததுபோல், இணை நிலையிலும் தொடக்க மின் தடைகளின் அளவு, மின் தடை தொடு முனை களின் (RR_1 R_1; RR_2 R_2; RR_3 R_3; RR_4 R_4) மூலம் படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டே வந்து சுழுமதிப்பினை அடைகிறது .இங்ஙனம் தொடக்க மின் தடையின் அளவு முழுவதும் மோட்டார்ச் சுற்றதரி லிருந்து நீக்கம்பட்டபின், மோட்டார்கள் இணை நிலை பிளப்பு நிலையில், இணையாக அமைக்கப்படுகின்றன, இந்த நிலையில் மோட்டார்கள் முழு வேகத்தில் ஓடும்,

புலவலுக் குறைவு—பிளப்பு 4 (Weak field—Notch 4)

தலையான கைப்பிடியினை மேலும் அசைத்து, புலவலுக் குறைவு 1 எனக் குறிப்பிட்டுள்ள (WF_1) இருப்பிடத்தில் பொருந்தச் செய்தால், F_1, F_2 தொடுமுனைகள் மூடப்பட்டு, மோட்டார் புல மின்னோட்டத்தின் சிறு மின்னோட்ட அளவினை, மின் தடை கிளைத் தூண்டல் வழியாக, கிளைவழி திருப்பமடையச் செய்கிறது. இதனால் மோட்டாரின் காந்தப்புல வலிமை குன்றி மோட்டாரின் வேகம், அதன் திட்டவரை வேகத்தினை அதிகமாக்குகிறது.

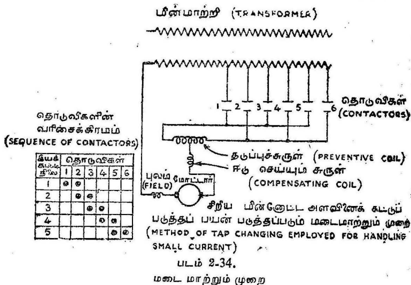
புலவலுக் குறைவு—பிளப்பு 5

தலையான கைப்பிடியினை இதற்குமேல் அசைத்து WF_2 இருப் பிடத்தில் பொருத்தினால், F_3 F_4 என்னும் தொடுமுனைகள் மூடப் படுகின்றன. இதனால் புல மின்னோட்டத்தின் ஒரு பகுதி அதிக அளவில் கிளைவழி திருப்பமடைகிறது. இதனால் மோட்டாரின் பிளப்பு 4 ஆம் வடி நிலையில் ஓடிய வேகத்தினைக் காட்டிலும் அதிக மான வேகத்தில் ஓட்டுவிக்கப்படுகின்றன.

2-8-11 மாறுதிசை மின்னோட்ட ஒருந்தி தொடர்நிலை மோட்டாரின் கட்டுப்பாடு

மாறுதிசை மின்னோட்ட ஒருந்தி தொடர் நிலை மோட்டாருக்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தினை மாற்றுவதின்மூலம் அதன் வேகத்தினைக் கட்டுப்படுத்தலாம். கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தித் தினை மாற்றுவதற்கு மின்மாற்றி தேவை. மேலும், இந்த மின் மாற்றியில் மடை மாற்றத்திற்குத் தேவையான (top changing

வெவ்வேறு மடைகளைக் கொண்டதாயிருக்க வேண்டும். ஆகவே, ஒவ்வொரு மடையும் (top) ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தினைக் குறிக்கும். மின்மாற்றியின் மின்னழுத்தத்தைத் தொடுவி முறையில் (contactor method) மடை மாற்றம் செய்யலாம். இத்தகைய



இயக்கப்படி நிலை	தொடுவிகள்					
	1	2	3	4	5	6
1	●	●				
2		●	●			
3			●	●		
4				●	●	
5					●	●

சிறிய மின்னோட்ட அளவினைக் கட்டுப் படுத்தப் பயன் படுத்தப்படும் மடைமாற்றும் முறை (METHOD OF TAP CHANGING EMPLOYED FOR HANDLING SMALL CURRENT)

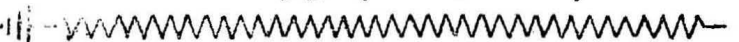
படம் 2-34.
மடை மாற்றும் முறை

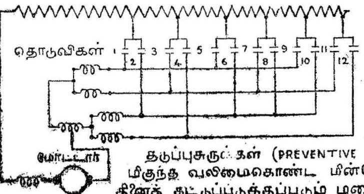
முறையினை மேற்கொள்ளப்படும் மின்னோட்ட அளவு சிறியதாயிருந்தால் பயன்படுத்தலாம். இந்த வகை அமைப்பு படம் 2-34-ல் தரப்பட்டுள்ளது.

படத்தில் காட்டியபடி தொடுவிகள் இரு தொகுப்புகளில் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு தொடுவியில் ஒரு பக்கம் மின்மாற்றியிலும், மறுபக்கம் தடுப்புச் சுருளிலும் (preventive coil) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தடுப்புச்சுருள் குறுக்குச் சுற்றதினால் உண்டாகும் சுழற்சி மின்னோட்டத்தின் அளவினை மட்டுப்படுத்துகிறது. தடுப்புச் சுருளின் மையப்புள்ளி படத்தில் காட்டியபடி மோட்டாரில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அருகருகே உள்ள இரு தொடுவிகள், தொடுவியின் அதே பிளப்பில் (notch) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே, ஒவ்வொரு தடுப்புச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் பாதி அளவாக இருக்கும். நிலை மாறுந்தறுவாயில் ஒரு தொடுவி திறந்து, அதே தொகுப்பில் உள்ள மறு தொடுவி மூடப்படும். தொடக்க மின்தடை இல்லாததால் இந்த முறையில் தொடக்க மின்னிழப்பு இல்லை.

படம் 2-35 ல் மிகுந்த வலிமை கொண்ட மின்னோட்டத்தினைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கான அமைப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த

[illegible] நிலை	தொடுவிகள் (CONTACTORS)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	●	●	●	●								
2		●	●	●	●							
3			●	●	●	●						
4				●	●	●	●					
5					●	●	●	●				
6						●	●	●	●			
7							●	●	●	●		
8								●	●	●	●	
9									●	●	●	●





படம் 2-35.
வலிமை கொண்ட மின்னோட்டத்தினைக் கட்டுப்படுத்தப்படும் மடை மாற்று முறை

அமைப்பில் நான்கு அருகருகே உள்ள தொடுவிகள் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பின் அதே பிளப்பில் (notch) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதில் மூன்று தடுப்புச் சுருள்கள் உள்ளன. மின்னோட்டத்தினைச் சரியாகப் பகர்ந்து கொள்ளும்படி இந்தச் சுருள்கள் அமைக்கப் பட்டுள்ளன.

2-8-12. 25 கிலோ வோல்ட்டு மாறுதிசை ஒருந்தி மின்னோட்ட மின்திறன் சுற்றதர்கள் (25 KV AC Single phase Power Circuits)

தலைமிசைக் கம்பியிலிருந்து (overhead wire) 25 கிலோ வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தில், மின்னோட்டம் பேன்டோகிராப் (pantograph – P) வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிபபி (air blast circuit breaker - ABB), உயர் மின்னிலை வடம் (high tension cable) வழியாகப் பாய்ந்து, தலையாய மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருணைக்குச் செல்கிறது (படம் 2-36). ஒவ்வோர் இழுப்பு மோட்டாரின் அச்சு மூடியில் (axle cap) பொருத்தப்பட்டுள்ள தரையிடப் பட்ட பிரஷ்கள் (earthing brushes - EB) இரயில் வண்டி செல்லும் தண்டவாளங்கள் (running rails) ஆகியவற்றின் வழியாக மின்னோட்டம் திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. தரையிடப்பட்ட பிரஷ்கள் மோட்டார் கட்டுமானத்திலிருந்து (motor frame) மின் காப்பிடப்பட்டுள்ளது.

வண்டிக் கூரைக் கருவி (Roof equipment)

வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பி வழியாகப் பேன்டோகிராப்புக்கு (pantograph) கூரைப் புஷ்ஷிங் (roof bushing) மூலம் மின் வடம் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பியின் மின்னோட்டமுள்ள பகுதிக்கும் தரையிடப்பட்ட பகுதிக்கும் இடையே மின்னல் கடத்தி (lightning arrester LA) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. வண்டிக் கூரையிலே பொருத்தப்பட்டுள்ள தரையிணைப்பிக்கு (earthing switch) தரையிடும் வெட்டுவாய் முனைகள் (earthing blades-EAS) இரண்டு உள்ளன. மூடிய நிலையில் இந்த வெட்டு வாய் முனைகள், வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பியின் தனிப்படுத்தும் புயத்தின் (isolator-arm - IS) இரு முனைகளையும் இணைப்பதால், பேன்டோகிராப், மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருணை ஆகியவை தரையிடப்படுகின்றன.

தலையாய மின்மாற்றி (Main Transformers)

கூரைப் புஷ்ஷிங்கிலிருந்து (roof bushing) 25 கிலோ வோல்ட்டு மின்-வடத்தினை வண்டி ஓட்டுநர் இருக்கையிடத்தின் வழியாக எடுத்துச் சென்று மற்றொரு புஷ்ஷிங் (bushing) மூலம்

படம் 2-36.

மாறுதிசை ஒருந்தி மின்னோட்ட மின்திறன் சுற்றதர்கள்

மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருணையுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இந்திய இரயில்வேப் பணிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஒருவகை மின் வண்டிகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ள மின்மாற்றியின் திட்ட வரை 1000 கிலோ வோல்ட்டு ஆம்பியர் (*KVA*). முதன்மைச் சுருணை மின்னழுத்தம் 25,000 வோல்ட்டு துணைச் சுருணையின் மின்னழுத்தம் 782 வோல்ட்டு. மூன்றும் சுருணை 1-ன் (tertiary winding 1) மின்னழுத்தம் 266 வோல்ட்டு. மூன்றும் சுருணை 2-ன் மின்னழுத்தம் 141 வோல்ட்டு.

இந்த மின்மாற்றியின் துணைச் சுருளில் இரு பிரிவுகள் (two sections) உள்ளன. முதன்மைச் சுருணையின் மின்னழுத்தம் 25,000 வோல்ட்டாக இருக்கும்பொழுது ஒவ்வொரு பிரிவில் கிடைக்கும் சுருணையின் மின்னழுத்த அளவு 391 வோல்ட்டு. முதல் பிரிவில் ஐந்து மடைகள் (five taps) உள்ளன. ஒரு மடைக்கும் மற்றொரு மடைக்கும் இடையே கிடைக்கும் மின்னழுத்தம் 78·2 வோல்ட்டு. துணைச் சுருணையின் மற்றொரு பிரிவு மடைகளற்றவை. மின்மாற்றியின் மடைகளை வெவ்வேறு முறையில் இணைப்பதன் மூலமும், *TL* என்னும் மடை-மாற்று எதிர் வினைப்பான் (tap change reactor), *DL* என்னும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி எதிர் வினைப்பான் (voltage dropping reactor), மடைமாற்றும் இணைப்புத் தொகுப்பு (tap changing switch group) ஆகிய வற்றினைக் கொண்டு, புலவலுக் குறைவு பிளப்பு (weak field notch) நீங்கலாக, இருபத்திரண்டு பிளப்புப் (notch) படிநிலைகளைப் பெறலாம். மடைமாற்ற தொகுப்புகளின் இயக்கத்தினைப் பற்றி விரிவாகப் பிறகு பார்ப்போம்.

முதன்மைச் சுருணையில் ஏதேனும் பழுது ஏற்பட்டால், *OLP* என்னும் முதன்மைச் சுருணையின் மிகைச் சுமை உணர்த்தி இயக்க மடைந்து, வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பியினைத் திறக்கச் செய் கிறது. *OLP* என்னும் உணர்த்தி மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் (current transformer-CT) மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது துணைச் சுருணையினின்று தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட வெளிப்பாட்டு மின்னழுத் தம் *OL* 5, *OL* 6, என்னும் இரு மிகைச் சுமை உணர்த்திகளின் வழியாகத் தலையாய நிவர்த்திப்பான் (main rectifier) அமைப்புக்கு வழங்கப்படுகிறது. நிவர்த்திப்பான் சுற்றதரில் ஏதேனும் ஒரு பிழை (fault) ஏற்பட்டால், *OL* 5 என்னும் உணர்த்தி இயக்கமடைந்து வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பியினைத் திறக்கச் செய்கிறது. ஏதேனும் நான்கு மடை மாற்றுத் தொடு முனைகள் (tap change contacts) *OL* 6 என்னும் உணர்த்தி இயக்கமடைந்து, வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பியினைத் திறக்கச்

செய்யும் (எடுத்துக்காட்டு T_1, T_2, T_7, T_8). எந்தவித நான்கு மடைமாற்றுத் தொடுமுனைகளும் மின்முறை இடைப்பூட்டியமைப்பினால் (electric interlock) ஒரே சமயத்தில் ஒன்றாக மூடிக்கொள்ளாதவாறு அமைக்கப்பட்டிருந்த போதிலும், பொறியமைப்பில் பழுது ஏற்பட்டால் இத்தகைய நிகழ்ச்சி ஏற்படலாம்.

0·05 மைக்கோபேரேட் அளவுகொண்ட C_1, C_2 என்னும் இரு மின்தேத்திகள், துணைச்சுருணையின் இரண்டு பிரிவுகளுக்கிடையே தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இத் துணைச்சுருணை இழுப்புச் சுற்றதர்களுடன் (traction circuits) இணைக்கப்படாதிருக்கும் போழ்து, இச்சுருணையிடையே உயர் மின்னழுத்த வளர்ச்சியடைவதைத் தடுப்பதன் பொருட்டு C_1, C_2 மின்தேக்கிகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

மின்மாற்றி மூன்றும் துணைகள் (Transformer Tertiary Windings)

இந்த மின்மாற்றியில் இரண்டு வித மூன்றும் சுருணைகள் (tertiary windings) பொருத்தப்பட்டுள்ளன. மூன்றும் சுருணைகளில் ஒன்று (266 வோல்ட்டு) மாறுதிசை மின்னோட்டம் துணைப் பொறிகளுக்கும் (A. C auxiliary machines) மற்றொன்று (141 வோல்ட்டு) சிலிகான் சமனி நிவர்த்திப்பான்மூலம் நேர் மின்னோட்ட குறை மின்னிலை சுற்றதர்களுக்கும் (110 V D. C. low tension circuits) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. துணைப்பொறிகளாகிய நிவர்த்திப்பான் விசிறி (rectifier fan), கதிர்வீச்சு விசிறி (radiator fan) இரண்டு, நிரப்பு மோட்டார்-மின்னாக்கி (booster M. G. set) போன்றவை, மாறுதிசை மின்னோட்டம் பெற்று ஓடும், மின்தேக்கி துலக்கமும் ஓட்டமும் கொண்ட தூண்டல் மோட்டார்களினால் (capacitor start and run induction motor) இயக்கப்படுபவை, நேர்மின்னோட்ட குறை மின்னிலையில் இயங்கும் சாதனங்கள் நெருக்கி அழுத்த (compressor) மோட்டார், துணை நெருக்கி அழுத்த மோட்டார், கால விசிறிகள் (ventilator fans), மின்னழுத்தச் சீர்படுத்தி (voltage regulator) நிரப்பி மின்னாக்கி (booster generator) போன்றவை.

நிவர்த்திப்பான் சுற்றதர்கள் (Rectifier Circuits)

சிலிகான் (silicon) நிவர்த்திப்பான் கூட்டமைப்பில், இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள நான்கு சமனி (bridge) சுற்றதர்கள் அடங்கியுள்ளன. ஒவ்வொரு சமனியும் அதன் மாறுதிசை மின்னோட்ட உள்ளீட்டு (A.C. input) அமைப்புக்குக் குறுக்கே ஒரு பேரலை-உட்கொள்ளும் மின்தேக்கி (surge absorbing capacitor-C,

தொடர் மின்தடையுடன் (R) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு சமனிச் சுற்றதரின் மாறுதிசை மின்னோட்டப் பக்கத்திலுள்ள உருகி (fuse) அழிவுறுதலைக் கண்டுபிடிக்க மின்னோட்ட சம உணர்த்தியினைப் (current balaace relay-CBR) பயன்படுத்தப் படுகிறது. இந்த உணர்த்தி இரண்டு சுருள்களினால் ஆனது. ஒரு ஜதை நிவர்த்திப்பானில் பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு சுருளின் வழியாகவும், மற்றொரு ஜதை நிவர்த்திப்பானில் பாயும் மின்னோட்டம் இன்னொரு சுருள் வழியாக முந்தியதிற்கு எதிர்த்திசையில் செல்லும். எனவே, இயல்பான நிலையில் இந்த உணர்த்தியின் ஒவ்வொரு சுருளிலும் ஒரே அளவுடைய மின்னோட்டம் எதிர்த் திசையில் பாய்வதால், இச் சுருள்களில் உண்டாகும் நிகர காந்தப் பாய்வு சுழிமதிப்புடையதாகும். ஏதேனும் ஓர் உருகி அழிவுற்றால், சம மின்னோட்ட மற்ற தன்மை ஏற்பட்டு, CBR என்னும் உணர்த்தி இயக்கமடைந்து மோட்டார்ச் சுற்றதரினை, நிவர்த்திப் பான் சுற்றதரிலிருந்து பிரிக்கிறது. மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருணையின் மின்னழுத்தம் 25,000 வோல்டாக இருக்கும்பொழுது, நிவர்த்திப்பானின் மாறுதிசை உள்ளீட்டு மின்னழுத்தம் (A. C. input voltage) 782 வோல்டாகவும், முழுச்சுமையுடனிருக்கும் பொழுது இந்த நிவர்த்திப்பானின் வெளிப்பாட்டு நேர்மின்னோட்ட மின்னழுத்தம் 629 வோல்டாகவும் இருக்கும்.

இழுப்பு மோட்டார் சுற்றதர்கள் (Traction Motor Circuits)

நிவர்த்திப்பான் கூட்டமைப்பிலிருந்து கிடைக்கும் வெளிப் பாட்டு மின்னழுத்தம், சிற்றலைகளைச் சமச்சீர்படுத்தும் எதிர் வினைப்பான் மூலம் (smoothing reactor – SL) மோட்டார் சுற்றதர் களுக்கு வழங்கப்படுகிறது. நான்கு மோட்டார்களும் அவற்றின் தொடு முனைகள் (M_1 முதல் M_4 வரை) வழியாக இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு மோட்டாரும் அதன் மிகைச் சுமை உணர்த்தி (overload relay - OL) மூலம் பாதுகாக்கப்படு கிறது. மோட்டாரின் புலச் சுருணையின் முனைமைகளைத் திருப்பி யின் (reverser - K) மூலம், மாற்றியமைத்து, மோட்டார் சுழலும் திசையினை மாற்றலாம். மின்தடை வழி திருப்பியினைப் (resistive diverter) ஒரு படிநிலை புலவலுக் குறைவு (one stage of field weakening) செய்யப்படுகிறது. இந்த மின்தடை புலவலுக் குறைவு தொடு முனை (weak field contact - F) மூலம் ஒவ்வொரு மோட் டாரின் புலச் சுருணைக்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

இரயில் வண்டி தானாகவே முடுக்கம் பெறும் பொருட்டு மோட்டார்கள் 1, 3 ஆகியவற்றின் சுற்றதர்களில் முறையே

$\frac{CLR_1}{2}$, $\frac{CLR_2}{2}$ என்னும் மின்னோட்ட வரம்பு உணர்த்திகள் (current limit relays) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த உணர்த்தியில் இயல்பாகவே வைக்கப்படும் மின்னோட்ட அளவு 625 ஆம்பியர். மாறுநிலை (transition) காலப் பகுதியிலும், புலவலுக் குறைவின் போதும் இந்த மின்னோட்ட அளவு 525-க்குக் குறைக்கப்படும். மோட்டாரர்ப் பிரிப்பி இணைப்பிகள் (motor cutout switches) மூலம் ஏதேனும் ஒரு மோட்டாரினை, மற்ற மோட்டார்ச் சுற்றதர்களிலிருந்து பிரித்து, பிரித்தெடுத்த மோட்டார் நீங்கலாக ஏனைய மோட்டார்களை இயக்குவிக்க முடியும். அத் தருணத்தில் மின்னோட்ட வரம்பு உணர்த்தியின் அளவு 450-க்குக் குறைக்கப்படும்.

மோட்டார்ச் சுற்றதரில் ஏதேனும் ஒரு பகுதியில் தரைப் பிழை (earth fault) ஏற்பட்டால், *EFR* என்னும் தரைப் பிழை உணர்த்தி இயக்கமடைந்து, வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பியினைத் திறக்கச் செய்யும். *EAC* என்னும் தரையிடும் தொடு முனையுடன் இந்த தரைப் பிழை உணர்த்தி இணைக்கப்பட்டு தரையிடப்பட்டிருக்கும். மோட்டார்ச் சுற்றதருடன் இந்தத் தரையிடும் தொடு முனை மூடிய நிலையில் இருந்தால்தான் வளிவீச்சுச் சுற்றதர்ப் பிரிப்பியினை மூட முடியும்.

மின் தருவியின் மின்னோட்டம் திடீரென்று தடைபட்டால், இழுப்பு மோட்டார்களை மின்மாற்றிச் சுற்றதரிலிருந்து பிரிக்கும் பொருட்டு மின்னழுத்தமற்ற உணர்த்தி (no volt relay - NVR) மூன்றாம் சுருணை 1-க்குக் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. (படம் 2-36-ல் இந்த உணர்த்தி காட்டப்படவில்லை.

மின்மாற்றியிலுள்ள மடைமாற்றும் தொடு முனைகளின் வரிசைக் கிரமம் (Tap change contacts sequence)

புலவலுக் குறைவு பிளப்புப் (notch) படிநிலை நீங்கலாக உள்ள இருபத்திரண்டு பிளப்பு நிலைகளில், முதல் பத்து பிளப்பு நிலைகளின்போது, மின்மாற்றியின் மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் பிரிவினை மட்டும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த பிளப்பு நிலைகளில் (notches 1-10) *DL* என்னும் மின்னழுத்த-வீழ்ச்சி-எதிர் வினைப்பான் (voltage dropping reactor) மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் கூறுகளுடன் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்னழுத்த-வீழ்ச்சி-எதிர் வினைப்பானின் அவசியம் என்னவென்றால் (i) குறைந்த அளவுடைய மடைகளில் (low taps) பிளப்பு வளைகோடுகளைச் (notching curves) செங்குத்தாக்கி, பிளப்பு மின்னோட்ட ஏற்ற இறக்க அளவினைக் குறைக்

கிறது. (ii) குறைந்த மின்னழுத்தமுள்ள மடைகளில் இருக்கும் பொழுது, மின்மாற்றியின் குறுக்குச் சுற்றதர் எதிர் வினைப்பினை (short circuit reactance) அதிகரிக்கிறது. (iii) பிளப்பு 11 பிளப்பு 12 ஆகிய இரு மிகைப்படியான பிளப்புகள் (notches) ஏற்பட வழி வகுக்கிறது. பிளப்பு 11 முதல் பிளப்பு 22 வரையில் மடைகளற்ற துணைச் சுருணையும், இச் சுருணையுடன் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்படுகிறது.

T_1 முதல் T_9 வரையிலுள்ள மடைமாற்றும் தொடு முனைக் கொண்டு, மின்மாற்றியின் வெவ்வேறு துணைச் சுருணையின் கூறுகளை இணைக்க முடிகிறது. மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் பிரிவில் உள்ள கூறுகளுடன் T_1 முதல் T_6 வரையிலுள்ள தொடு முனைகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. T_1 முதல் T_6 வரையிலுள்ள தொடு முனைகள் மூலம் தேவையான மின்னழுத்த அளவினைத் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. T_7, T_8 என்னும் தொடு முனைகள் மூலம் TL என்னும் மடைமாற்று எதிர் வினைப்பானை (tap change reactor), வெவ்வேறு பிளப்பு நிலைகளில் சுற்றதரில் இணைத்தும், அகற்றியும் மாறி மாறிச் செய்யப்படுகிறது. துணைச் சுருணையின், ஒரு கூறுபாட்டிலிருந்து மற்றொரு கூறுபாட்டிற்கு மடைமாற்ற மடையும்பொழுது TL என்னும் மடை எதிர் வினைப்பான் R_1 என்னும் மின்தடையுடன் சுற்றதரில் இருக்கும். T_0 என்னும் தொடு முனை மூடினால் R_1 என்னும் மின்தடைக்குக் குறுக்குச் சுற்றதரிடப்படுகிறது. R_1 என்னும் மின்தடை சுற்றோட்ட மின்னோட்டத்தினைக் (circulating current) குறைந்து, தொடு முனைகள் இலகுவாய்த் திறப்பதற்கு அனுகூலமாயுள்ளது.

மடை மாற்றும் தொடுமுனைகளின் இயக்கம் படம் 2-37-ல் காட்டியபடி வரிசைக்கிரம அட்டவணையின் பிரகாரம் நிகழ்கிறது. தொடக்கத்தில் சுருணைத் தொகுப்பு இணைப்பியின் (winding grouping switch) W_1 மூடப்பட்டு DL என்னும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி எதிர்வினைப்பான் சுற்றதரில் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்படும்.

பிளப்பு 1 (Notch 1): T_1, T_7, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_8, M_4 களுக்களுக்கிடையேயுள்ள துணைச்சுருணைக் கூறு ஒன்றினை TL என்னும் மடைமாற்று எதிர்வினைப்பானுடன் தொடர்நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 2: T_1, T_8 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_8-M_4 என்னும் ஒரு துணைச்சுருணைக் கூறு நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படு கிறது. இதற்கு கிளைவழிப் பிளப்பு (shunt notch) என்றும் பெயர்.

தலைமைக் கட்டுப்படுத்தியின் கைப்பிடியினை (master controller handle) இருப்பிடம் 1-க்கு (position 1) நகர்த்தினால், இந்தப் பிளப்பு வரை மடைமாற்றும் கருவி தானாகவே செயல்பட்டுவரும்.

தலைமைக் கட்டுப்படுத்தியின் கைப்பிடியின் இருப்பிடம்	பிளப்பு	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	W_1	W_2	F_{1-4}
நீக்கம் (OFF)	●										●		
கிளை	1	●						●		●	●		
பாதிமின்திறன்	2	●									●		
	3		●						●	●	●		
	4		●					●			●		
	5			●				●		●	●		
	6			●					●		●		
	7				●				●	●	●		
	8				●			●			●		
	9					●		●		●	●		
	10					●			●		●		
	11						●		●	●	●		
	12						●	●			●		
	13	●						●		●		●	
	14	●							●			●	
	15		●						●	●		●	
	16		●					●				●	
	17			●				●		●		●	
	18			●					●			●	
	19				●				●	●		●	
	20				●			●				●	
முழுமின்திறன்	21					●		●		●		●	
FULL POWFR	22					●			●			●	
	23					●			●			●	●

பிளப்பு அட்டவணை (NOTCH CHART)

படம் 2-37.
பிளப்பு அட்டவணை

பிளப்பு 3. T_2, T_8, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_3-M_5 களுக்களுக்கிடையேயுள்ள துணைச்சுருணைக் கூறுகள் இரண்டினை TL உடன் தொடர்நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 4: T_2, T_7 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_3, M_5 என்னும் துணைச்சுருணைக் கூறுகள் இரண்டும் நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 5: T_3, T_7, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு M_3-M_6 கணுக் கணுக்கிடையேயுள்ள துணைச்சுருணைக் கூறுகள் மூன்றும் TL உடன் தொடர்நிலையில் சுற்றதருடன் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 6: T_3, T_8 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_3-M_6 துணைச் சுருணைக் கூறுகள் மூன்றும் நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப் படுகிறது.

பிளப்பு 7: T_4, T_8, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு M_3-M_7 கணுக் கணுக்கிடையேயுள்ள துணைச்சுருணைக்கூறுகள் நான்கும் TL உடன் தொடர்நிலையில் சுற்றதருடன் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 8: T_4, T_7 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_3-M_7 துணைச் சுருணைக் கூறுகள் நான்கும் நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப் படுகிறது.

பிளப்பு 9: T_5, T_7, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_3-M_8 கணுக் கணுக்கிடையேயுள்ள துணைச்சுருணைக் கூறுகள் ஐந்தும் TL உடன் தொடர்நிலையில் சுற்றதருடன் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 10: T_5,T_8 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_3-M_8 துணைச் சுருணைக் கூறுகள் ஐந்தும் நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப் படுகிறது. அதாவது இந்த நிலையில் மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் பிரிவு முழுவதும் சுற்றதரில் இணைந்து இருப்பதால், நிவர்த்திப்பானுக்கு வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம், துணைச்சுருணை யின் மொத்த மினனழுத்தத்தில் பாதி அளவே இருக்கும்.

(மேற்குறிப்பிட்ட 10 பிளப்பு நிலைகளில் DL என்னும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி எதிர்வினைப்பான் மடைகளுடைய துணைச் சுருணைக் கூறுகளுடன் தொடர்நிலையில் இணைந்திருக்கும்)

பிளப்பு 11: T_6, T_3, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு,மடைகளற்ற துணைச்சுருணையின் இரண்டாவது பிரிவினை (M_1-M_2 துணைச் சுருணைப் பகுதி) TL உடன் தொடர்நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப் படுகிறது இந்தப் பிளப்பு நிலையிலிருந்து DL என்னும் எதிர் வினைப்பான் சுற்றதரிலிருந்து நீக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 12: T_6, T_7 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_1-M_2 என்னும் மடைகளற்ற துணைச்சுருணைப் பிரிவு முழுவதும், நேரிடையாக நிவர்த்திப்பான் சுற்றதருடன் இணைக்கப்படுகிறது. இதற்குப் பாதி மின்திறன் இணைப்பு (half power connection) என்று பெயர். தலைமைக் கட்டுப்படுத்தியின் கைப்பிடியினை இருப்பிடம் 2-க்கு நகர்த்தினால், பிளப்பு நிலைமாற்றம் இந்தப் பிளப்பு நிலைவரை தானாகவே செயல்பட்டு வரும்.

பிளப்பு 13: இந்த பிளப்பு நிலையினை அடைய முற்படுவதற்கு முன் தலைமைக் கட்டுப்படுத்தியின் கைப்பிடியினை இருப்பிடம் 2-க்கு மேல் நகர்த்தினால் சுருணைத் தொகுப்பு இணைப்பி குறை மின்னழுத்த நிலையிலிருந்து உயர் மின்னழுத்த நிலைக்கு மாறுகிறது. இதனால் தொடு முனை W_1 திறந்து, W_2 மூடப்படுகிறது. இப்பொழுது T_1 மூடி, T_6 திறந்து அதற்குப் பிறகு T_9 மூடினால் பிளப்பு 13-க்கு மாறும் நிலை பூர்த்தியடைகிறது. இந்த நிலையில் மடைகளற்ற துணைச் சுருணை (M_1-M_2) மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் ஒரு கூறு (M_3-M_4) ஆகியவை TL உடன் தொடர் நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 14: T_1, T_8 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_1-M_4 துணைச் சுருணைப் பகுதி நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 15: T_2, T_8, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு, மடைகளற்ற துணைச் சுருணை (M_1-M_2), மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் இரு கூறுகள் (M_3-M_5) ஆகியவை TL உடன் தொடர் நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 16: T_2, T_7 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_1-M_5 துணைச் சுருணைப் பகுதி நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 17: T_3, T_7, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு, மடைகளற்ற துணைச் சுருணை (M_1-M_2), மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் மூன்று கூறுகள் (M_3-M_6) ஆகியவை TL உடன் தொடர் நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 18: T_3, T_8 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_1-M_6 துணைச் சுருணைப் பகுதி நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 19: T_4, T_8, T_9 ஆகியவை மூடப்பட்டு, மடைகளற்ற துணைச் சுருணை (M_1-M_2), மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின்

நான்கு கூறுகள் (M_3-M_7) ஆகியவை TL உடன் தொடர் நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 20: T_4, T_7 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_1-M_7 துணைச் சுருணைப் பகுதி நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 21: T_5, T_7, T_8 ஆகியவை மூடப்பட்டு, மடைகளற்ற துணைச் சுருணை (M_1-M_2) மடைகளுடைய துணைச் சுருணையின் ஐந்து கூறுகள் (M_3-M_8) ஆகியவை TL உடன் தொடர் நிலையில் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது.

பிளப்பு 22: T_5, T_8 ஆகியவை மூடப்பட்டு, M_1–M_8 என்னும் முழு துணைச் சுருணை நேரிடையாகச் சுற்றதரில் இணைக்கப்படுகிறது. இதற்கு முழு மின்திறன் இணைப்பு (full power connection) என்று பெயர். தலைமைக் கட்டுப்படுத்தியின் கைப்பிடியினை இருப்பிடம் 3-க்கு நகர்த்தி முழு மின்திறன் இணைப்பினைப் பெறலாம்.

பிளப்பு 23: தலைமைக் கட்டுப்படுத்தியின் கைப் பிடியினை இருப்பிடம் 4-க்கு நகர்த்தினுல், F_1 முதல் F_4 வரையிலுள்ள நான்கு புலவலுக் குறைவு தொடு முனைகளை மூடச்செய்து, உயர் வேகத்தினைப் பெற முடியும். இதற்கு புலவலுக் குறைவு நிலை (weak field) என்று பெயர்.

2-9. வண்டிச் சக்கரங்களை ஒழுங்குபடுத்துதலும், செலுத்தல் ஓட்டமும்

2-9-1. வண்டிச் சக்கரங்களை ஒழுங்குபடுத்துதல் (Wheel arrangement):

உள்ளூர் இயங்கும் பொறியின் (1) இயங்கு மோட்டார்களின் குதிரைத்திறன் (2) ஒட்டுதலின் எடை (adhesive weight) ஆகியவற்றினை அதிகரிப்பதன்மூலம் இழுப்பு முயற்சியினை அதிகரிக்கச் செய்யலாம். இருப்புப்பாதை திட்ட அமைப்பினுல், அச்சுச் சுமையின் பெரும அளவு குறிப்பிட்ட வரம்புக்குட்படுத்த வேண்டியுள்ளது. ஆகவே, மொத்த ஒட்டுதலின் எடையினை அதிகரிக்க வேண்டுமானுல், இயங்கு அச்சுகளின் எண்ணிக்கையையும் அதிகரிக்க வேண்டும். இயங்கு அச்சின்மீது கொடுக்கப்பட்ட எடை 15 டன்னி முதல் 30 டன்னி வரையிலுள்ள வரம்புக்குட்படுத்தப்படுகிறது. அச்சின் மீதுள்ள சிறும எடை, ஒட்டுதலின் குணகம், இழுப்பு முயற்சி முறையே 20 டன்னி, 0·12, 24 டன்னி, எனக் கொண்டு அச்சுகளின் எண்ணிக்கை $= \frac{WF}{\mu}$ என்ற

வாய்ப்பாட்டினைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிட்டால், 10 அச்சுகள் தேவைப்படுகின்றன. ஒரே-ஓர் உள்ளூர் இயங்கும் பொறியில் (locomotive) இந்த 10 இயங்கு அச்சுகளைப் பொருத்த முடியாது. ஆகவே, ஒவ்வோர் உள்ளூர் இயங்கும் பொறியிலும் 5 இயங்கு அச்சு களிருக்கும்படி இரண்டு உள்ளூர் இயங்கும் பொறிகள் அமைக்கப் படவேண்டும்.

உயர் வேக உள்ளூர் இயங்கும் பொறிகளில், இருப்புப் பாதை யின் மீதூர்ந்து செல்லும் தன்மைகளைப் பிந்து அச்சினைக் கொண்டு (trailing axle) அதிகரிக்கலாம். நேர்மின்னோட்ட உள்ளூர் இயங்கும் பொறிகளில், இழுப்புக் கருவிகள், அதன் துணைக்கருவி கள் ஆகியவற்றின் மொத்த எடை குறைவு. தேவையான இழுப்பு முயற்சியினைப் பெற இந்த முழு எடையினையும் இயங்கும் சக்கரங் களின்மீது பொருத்த வேண்டும். ஆனால், மாறுதிசை மின்னோட்ட உள்ளூர் இயங்கும் பொறியில் இழுப்புக் கருவிகளின் எடை, துணைக் கருவிகளின் எடை, இரண்டும் சேர்ந்து மிகுந்த அளவு எடையினை உடையதாயிருப்பதால், இந்த எடையின் ஒரு பகுதியினை மட்டும் இயங்கு அச்சில் நேரிடையாகவும், மிகுதி எடையினைப் பிந்து அச்சில் நேரிடையாகவும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

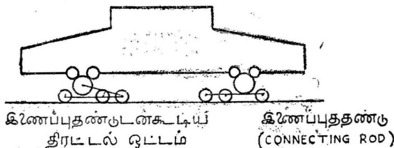
திரட்டு ஓட்டத்தில், நிலைம விசைகள் இரயில் வண்டி உயர் வேகங்களின் செல்லும்பொழுது அதிர்வுகளை உண்டாக்குகின்றன. குறைந்த வேகத்தில் செல்லும் சரக்கு-உள்ளூர் இயங்கும் பொறி, (goods locomotive) பாரமான சுமைகளை இழுத்துச் செல்ல, இந்த வகை ஓட்டம் சிறந்தது. இம் முறையில் இருப்புப் பாதையில் வண்டிச்சக்கரம் நழுவல் அளவும் குறைகிறது. உள்ளூர் இயங்கும் பொறியின் தலையாய சட்டத்தில் மோட்டார் பொருத்தப்பட்டிருப் பதால், தனிப்பட்ட ஓட்டத்தில் உள்ள வரம்பினைப் போலில்லாமல், தேவைக்கேற்ப அதிக மின்திறன் கொண்ட மோட்டாரினைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம். மேலும் இந்த அமைப்பில் புவியீர்ப்பு மையம் அதிகமாயிருப்பதால், இருப்புப் பாதைத் தேய் மானமும் குறைகிறது.

இயங்கு அச்சுகளின் எண்ணிக்கையை இரு வழிகளில் அதிகரிக்கலாம்:

(1) தனிப்பட்ட ஓட்டம் (individual drive).

(2) இணைப்புத் தண்டுடன் கூடிய திரட்டு ஓட்டம் (collective drive).

தனிப்பட்ட ஓட்டத்தில், ஒவ்வோர் இயங்கு அச்சுக்கும் தனிப்பட்ட மோட்டார் உண்டு. ஆனால் திரட்டு ஓட்டத்தில் ஒரு பெரிய மோட்டாரினைப் பயன்படுத்தி, ஒன்றாகப் பிணைக்கப்பட்ட எல்லா வண்டிச்சக்கரங்களும மோட்டார் இருசுடன் பொருத்தப்பட்ட சுற்றிக் கிளப்பலுடன் (crank) சேர்க்கப்பட்டிருக்கும் இணைப்புத் தண்டின் (connecting rod) மூலம் படம் 2-38-ல் காட்டியபடி இயக்குவிக்கப்படுகிறது.



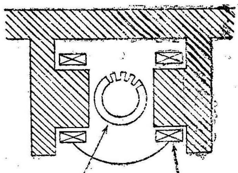
படம் 2-38.

இணைப்புத் தண்டுடன் கூடிய திரட்டல் ஓட்டம்

2-9-2 செலுத்தல் ஓட்டம் (Transmission of Drive)

இரயில் வண்டியின் இயங்கு அச்சுகளுக்கும், தொடர்வண்டி உள்ளூர் இயங்கும் பொறிச் சட்டத்திற்கும் (locomotive frame) இடையே சுருள்வில்கள் இடைச் செருகிடப்பட்டிருக்கும். இப்படிச் செய்வதால், உள்ளூர்-இயங்கும் பொறியில் அதிர்வுகள் குறைவதுடன், இருப்புப்பாதையும் சேதம் அடையாமல் பாதுகாக்கப்படுகிறது. கூடிய வரையில் உள்ளூர்-இயங்கும்பொறியின் எடை சுருள் வில்லின்மீதே இருக்கும்படி அமைப்பது நல்லது. இந்தக் காரணத்தினால் மோட்டார்கள் உள்ளூர் இயங்கும் பொறிச் சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. மோட்டார்களை அப்படிப் பொருத்துவதினால், சுருள்வில்களின் நீட்சியாலும், அமுக்கத்தினாலும் மோட்டார் மின்னகத்திற்கும் இயங்கு அச்சுகளுக்கும் இடையே, சார்பு இயக்கம் (relative motion) ஏற்படுகிறது. ஆகவே, இவ்விரண்டிற்கு மிடையேயுள்ள ஓட்டம் (drive) நெளியுந் தன்மையுடையதாயிருக்க வேண்டும். இத்தகைய சிக்கல் நீராவி உள்ளூர்-இயங்கும் பொறியில் ஏற்படுவதில்லை. ஏனெனில், முசலகம் (piston) உள்ளூர் இயங்கும் பொறிச் சட்டத்திலுள்ள உருளைக்குள் (cylinder) தன்னிச்சையாய் இயங்குகிறது. ஆகவே, மின் உள்ளூர்-இயங்கும் பொறியில் நிறைவுள்ள ஒரு நெளிவு-ஓட்டத்தினைப் (flexible drive) பெறுவது ஓர் அரிய செயலாகும். பல வகையான ஓட்ட முறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. அவற்றுள் சில ஈண்டுக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

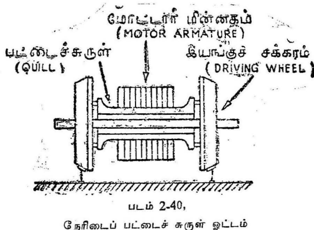
(i) நேரடி ஓட்டம் (Direct Drive): இம் முறையில், மோட்டார் மின்னகத்தினை இயங்கு அச்சுடன் நேராக இணைத்து படம் 2-39-ல் காட்டியபடி மோட்டாரின் புலத்தினை உறுதியாகப் பிணைக்க வேண்டும். மோட்டாரின் முனைத் துண்டுகள் கிட்டத்



படம் 2-39.
நேரடி ஓட்டம் (Direct Drive)

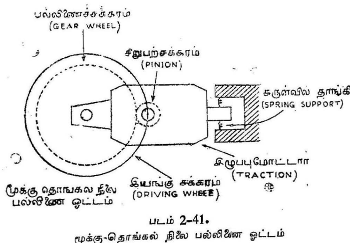
தட்ட தட்டை வடிவமாக இருக்கும். அப்படிச் செய்வதால் மின்னகம் மோட்டார் இயக்கத்தினைப் பாதிக்காதவாறு அசைய முடியும். இந்த அமைப்பில் உள்ள குறை என்னவென்றால், மின்னகத்தின் உருவளவு, இயங்கு வண்டிச் சக்கரத்திற்குட்படுத்த வேண்டியிருக்கிறது. மாறாக பெரிய அளவு இயங்கு சக்கரத்தினைப் பயன்படுத்தினால், மோட்டார் குறைந்த வேகத்தில் இயங்க வேண்டியுள்ளது.

(ii) நேரிடைப் பட்டைச் சுருள் ஓட்டம் (Direct quill drive): இதில் உள்ள பட்டைச் சுருள் (quill) உள்ளீடற்ற இருசு (hollow shaft) ஆகும். இது இயங்கு அச்சினைச் சுற்றி மூடப் பட்டு, சுருள் வில்லினால் படம் 2-40-ல் காட்டியபடி பொருத்தப் பட்டுள்ளது. இந்தச் சுருள் வில், இதற்கும் அச்சிற்கும் உள்ள சார்பு இயக்கத்தினை அனுமதிக்கிறது. மோட்டார் மின்னகம் முழுவதும் இப் பட்டைச் சுருளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பினால் சுருள் வில் பொருத்தப் பெற்றிராத எடை (unsprung weight) சிறுமமாக இருக்கிறது. இதனால் இயல்பான் திட்ட அமைப்புடைய மோட்டாரினைப் பயன்படுத்தலாம். எனினும், மோட்டாரின் உரு அளவு, வேகம் ஆகியவை, இயங்கு வண்டிச் சக்கரத்தின் விட்டத்தினைப் பொறுத்திருக்கிறது.



படம் 2-40,
நேரிடைப் பட்டைச் சுருள் ஓட்டம்

(iii) மூக்கு-தொங்கல் நிலை பல்லிணை ஓட்டம் (Nose-suspension-geared Drive): கொடுக்கப்பட்ட மின் திறன் வெளிப்பாட்டுக்கு (output), மோட்டாரின் உருவளவைக் குறைத்து உயர் வேகத்தில் ஓட்டுவிக்க, பல்லிணை ஓட்டம் அவசியம். பயன்படுத்தப்படும் பல்லிணை விகிதம் கிட்டத்தட்ட 3 : 1-ம் 5 : 1-ம் ஆக



படம் 2-41.
மூக்கு-தொங்கல் நிலை பல்லிணை ஓட்டம்

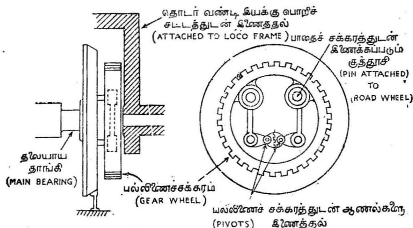
இருக்கும். மூக்கு அல்லது அச்சு தொங்கல் நிலையைப் பயன்படுத்தி அமைக்கப்படும் பல்லிணை ஓட்டத்தினைப் படம் 2-41 காட்டுகிறது. இதில் மோட்டாரின் ஒரு பகுதி இயங்கு அச்சினாலும், மறு பகுதி வண்டியின் தலையாயச் சட்டத்தினாலும் தாங்கப்படுகிறது. கிட்டத்தட்ட 50 முதல் 60 சதவீத மோட்டாரின் எடை சுருள் வில்லின் மீதுள்ளது. மோட்டாரின் வெளிப்பாட்டுத் திறன்

கிடைக்கக் கூடிய இடைவெளியினைப் பொறுத்துள்ளது. இது டிராம்வேக்களுக்கும் மோட்டார்ப் பெட்டி வண்டிகளுக்கும் (motor coaches) பயன்படுத்தப்படுகிறது. பெரிய உள்ளூர்-இயங்கும் பொறிகளுக்கு இந்த வகையினைப் பயன்படுத்த முடியாது.

(iv) பல்லிணைப் பட்டைச் சுருள் ஓட்டம் (Geared Quill Drive): மூக்கு தொங்கல் நிலையில், வண்டிச் சட்டத்தில் மோட்டாரினை அதன் பெரும உரு அளவில் பயன்படுத்த முடியுமானால் இந்த வகை ஓட்டம் பயன்படும். இதிலும், நேரிடை பட்டைச் சுருள் ஓட்டத்தினைப்போல் இயங்கு அச்சினை பட்டைச் சுருள் சூழ்ந்துள்ளது. ஆனால் இந்த அமைப்பில், மோட்டாரின் மின்னகம் முழுவதும் பட்டைச் சுருளில் பொருத்துவதற்குப் பதிலாக, பல்லிணை அமைப்பு மட்டும், பட்டைச் சுருளில் தாங்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

பிரௌன் பவுரியின் (Brown Boueri) தனிப்பட்ட ஓட்டம்

உயர்ந்த வேகமும், தாழ்ந்த வேகமும் கொண்ட உள்ளூர் இயங்கும் பொறிகளுக்கு உகந்த தனிப்பட்ட ஓட்டத்தினைப் படம் 2-42 காட்டுகிறது. இதில் உள்ள தனிச் சிறப்பு பொருந்திய



படம் 2-42.

பல்லிணைச் சக்கரத்துடன் ஆணிலைகளை இணைத்தல்

இணைப்பி அமைப்பு, பல்லிணைச் சக்கரத்திற்கும் இயங்கு சக்கரத்திற்கும் இடையே நெளியும் தன்மையைக் கொடுக்கிறது.

2-10. மின் நிறுத்தம் (Electric braking)

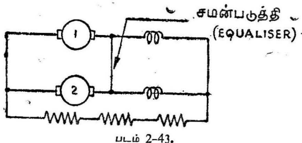
நிறுத்தல் ஆற்றலை (braking energy) வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றித் தடுப்புக் கட்டைகள் மூலம் வெளிப்படுத்துவதற்குப் பதிலாக மின்னாற்றலாக மாற்றி மின் தடைகள் மூலம் வெளிப் படுத்தினால், அம் முறை மின் நிறுத்தம் என்று வழங்கப்படு கிறது. இழுப்புப் பணியில் மின் நிறுத்தியினைப் பயன்படுத்தி இரயில் வண்டியின் வேகத்தினை மிகக் குறுகிய காலத்திற்குள் ஒடுக்க முடியுமே தவிர, அதன் இயக்கம் முழுவதினையும் கட்டுப் படுத்தி ஓய்வு நிலைக்குக் கொண்டுவர முடியாது. ஆகவே, இரயில் வண்டியினை வெகு சீக்கிரத்தில் தடுத்து நிறுத்த மின் நிறுத்தியினை முக்கியமான துணை நிறுத்தியாகப் பயன்படுத்திப் பிறகு பொறி நிறுத்தியினைக் (mechanical brake) கொண்டு, இரயில் வண்டியினை அசையா நிலையில் நிறுத்தி வைக்கப்படுகிறது. இங்ஙனம் செய் வதால் பொறி நிறுத்தியினுடைய தடுப்புக் கட்டையின் (brake shoe) தேய்வைக் குறைக்கச் செய்வதுடன், மிகுந்த நிறுத்தல்— ஒடுக்கத்தினைக் (braking retardation) கொடுத்து, இரயில் வண்டியினை மிகக் குறுகிய காலத்தில் ஓய்வு நிலைக்குக் கொண்டுவர முடிகிறது.

மின் தடை மாற்றி நிறுத்தி (rheostatic braking) முறையில் இழுப்பு மோட்டார்கள், இரயில் வண்டிப் பகுதிகளின் சுழல் உந்தத்தினால் (momentum of the train) மின்னாக்கியாக இயக்கப் பட்டு வண்டித் தொடரில் பொருத்தப்பட்டுள்ள மின் தடைகளுக்கு இந்த ஆற்றலை வழங்குகின்றன. ஆனால் மீள்-ஆக்க நிறுத்தி யினால் (regenerative braking) இந்த ஆற்றல் மின் தருவி அமைப் புக்குத் (supply system) திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. தலையாய இருப்புப் பாதைப் பணிக்குப் (main line service) பயன்படுத்தப் படும் இரயில் வண்டியில் ஒரே சீரான வேகத்தில் நீண்ட கீழ்ச் சரிவில் வண்டி செல்லும்பொழுது விழாமல் இறுகப் பற்றிப் பிடிப் பதற்கு மின் நிறுத்தம் தேவைப்படுகிறது. ஆனால், புறநகர்ப் பணியில் இரயில் வண்டியினைத் தடுத்து நிறுத்துவதற்கு மின் நிறுத்தம் தேவைப்படுகிறது. தலையாய இருப்புப் பாதைப் பணிக்கு மட்டும் மீள்-ஆக்க நிறுத்தியினையும், புறநகர்ப் பணிக்கும், தலையாய இருப்புப் பாதைப் பணிக்கும் தடைமாற்றி நிறுத்தியினை யும் பயன்படுத்துதல் வழக்கம்.

2-10-1. இழுப்புப் பணிக்கான மின்தடை மாற்றி

மின் முறை இழுப்புப்பணிக்கு, இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மோட்டார்கள் தேவைப்படுகின்றன. மின் தடை மாற்றி

முறையில், இவற்றை நிறுத்துவதற்கு, மோட்டார்களை இணை நிலையில் சேர்த்து மின்தடையுடன் படம் 2-43-ல் காட்டியபடி இணைக்க வேண்டும். மோட்டார்களை இணை நிலைக்குப் பதிலாகத் தொடர்நிலையில் இணைத்தால் மிகையான உயர் மின்னழுத்தம்



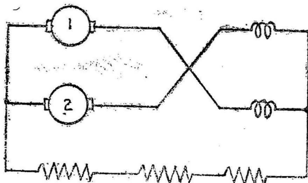
படம் 2-43.

சமன்படுத்தி இணைப்புவகைத் தடைமாற்றி நிறுத்தி

உண்டாகும். நிறுத்தல் கால அளவில், மோட்டார்கள் இரயில் வண்டியின் இயங்கு ஆற்றலினால், மின்னாக்கிகளாக இயக்குவிக்கப் பட்டு, மின்னாற்றலினை வழங்குகிறது. மின்னாக்கிகளுடன் தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்தடைகள் இந்த மின்னாற் றலினைப் பெற்று வெப்ப ஆற்றலாக மின்தடையிலிருந்து வெளியேற்றுகிறது. இந்த இரு மின்னாக்கிகளும் மின்சுமையினைச் சரி சமமாகப்பகிர்ந்து கொள்ளும் பொருட்டுப் படம் 2-43 ல் காட்டிய படி சமன்படுத்தி (equaliser) பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. சமன்படுத்தியினைப் பயன்படுத்தாமலிருந்தால், எந்த மின்னாக்கி முதலில் தற்கிளர்வு பெற்று மின்னழுத்த வளர்ச்சியடைகிறதோ அந்த மின்னாக்கியிலிருந்து, மற்ற மின்னாக்கிக்கு அதிக மின் னோட்டம் எதிர்த்திசையில் அனுப்பப்படுகிறது. இதனால் இரண்டா வது மின்னாக்கி எதிர்த்திசை மின்னழுத்தத்தினால் கிளர்வுறச் செய்கிறது (excite with reversal voltage). இங்ஙனம் இரு மின்பொறிகளும் அவற்றிற்குள்ளே ஒரு குறுக்குச் சுற்றதரினை (short circuit) அமைத்துக் கொள்கிறது. இதனால் இந்த மின்னாக்கிகளினூடே பெருத்த மின்னோட்டம் பாய்ந்து, அவைகள் அழிவுறும்.

இந்த நிலைமையினைத் தவிர்க்க மேற்கொள்ளப்படும் மற்றொரு வகையினைப் படம் 2-44-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. படம் 2-44 ல் காட்டியபடி மின் பொறியின் புலச்சுருள் குறுக்காக இணைக்கப்பட வேண்டும்.

இங்ஙனம் செய்வதால் மின்பொறி 1-ன் (electric machine-1) மின்னழுத்தம் மின்பொறி 2 ஐ விட அதிகமானால், மின்பொறி-1 அதிகமான மின்னோட்டத்தினை, மின்பொறி 2-ன் புலச்சுருளுக்கு அனுப்பி, மின்பொறி 2-னை அதிக மின்னழுத்த அளவுக்குக்



படம் 2-44,
புலச்சுருள்களைக் குறுக்காக இணைத்து இயக்கப்படும் தடைமாற்றி நிறுத்தல் வகை

கிளர்வடையச் செய்கிறது. அதே சமயத்தில் மின்பொறி 2-ல், தோற்றுவிக்கப்படும் மின்னியக்கு விசை குறைவாயிருப்பதால், மின்பொறி 1 ஐக் குறை மின்னழுத்தத்தில் கிளர்வடையச் செய்கிறது. இங்ஙனம் இரு மின்பொறிகளும் சம மின்னியக்கு விசையினைப் பெறும்படி தானகவே சரி செய்து கொள்கிறது.

இந்த வகைத் தடைமாற்றி நிறுத்தி அமைப்பில் ஓர் அனுகூலம் உண்டு. அதாவது. முந்திய வகையில் மின்பொறி பின்புறமாய் ஓடினால் (run back), மின்னகம் சுழலும் திசை மாறுகிறது. மின்பொறி கிளர்வுறுவதில்லையாதலால் நிறுத்தல் விளைவும் ஏற்படாது. மாறாகக் குறுக்குப் புலச்சுருள்களையுடைய மின்பொறிகளின் அமைப்பில், மின்பொறிகளில் தொடர் நிலையில் மின்னழுத்தம் ஏற்படும். இந்த அமைப்பில் மின்பொறிகளில் ஒன்றையொன்று குறுக்கு சுற்றதரிடப்பட்டிருப்பதால் (short circuited upon themselves) ஒருவித நெருக்கடி நிறுத்தல் (emergency braking) நிலைமையினை விளைவித்து மின்பொறியினைப் பின்புறமாய் ஓடவிடாமல் (run back) தடுக்கிறது.

2-10-2 (1) தொடர்புல நேர்மின்னோட்ட மோட்டார்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மீளாக்க நிறுத்தி

மீள் ஆக்க நிறுத்தி முறையினைக் கிளைபுல மோட்டாருக்குப் பயன்படுத்துவதைப்போல் அவ்வளவு எளிதாகத் தொடர்புல

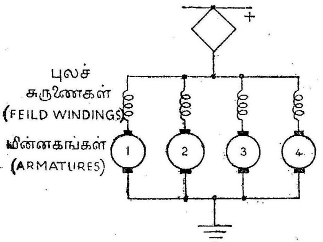
மோட்டாருக்கு எவ்வித மாற்றமுமின்றி (without any modification) பயன்படுத்த முடியாது. அதற்கான காரணங்கள் பின்வருமாறு :

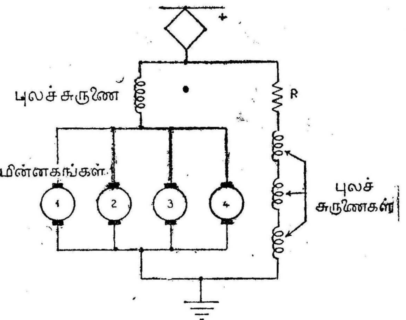
(1) மீள் ஆக்க நிறுத்தியைக் கொண்டு மோட்டார் மின்னகத்தினூடே பாயும் மின்னோட்டத் திசையினை மாறச் செய்தால், தொடர்நிலை புலத்தின் முனைமைகளும் (polarities) மாறுகின்றன இதனால் பின் மின்னியக்கு விசையின் (back e.m.f) திசையும் மாறிக் குறுக்குச் சுற்றதர் (short-circuit) நிலைமையினை உண்டாக்குகிறது. மோட்டார் இயக்க நிலையிலிருந்து ஆக்க நிலைக்கு (from motoring to generating) மாறியவுடன் புலச்சுருளின் முனைமைகள் மாற்றமடையும்படிச் செய்தால்தான் மேற்குறிப்பிட்ட குறுக்குச் சுற்றதர் (short-circuit) நிலைமையினைத் தவிர்க்கலாம்.

(2) மீளாக்கம் நிகழ்வதற்கு நேர்மின்னோட்ட மோட்டாரின் மின்னியக்கு விசை மின்தருவியின் மின்னழுத்தத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கவேண்டும். மேலும், இந்த மின்னியக்கு விசையின் அளவு நிறுத்தல் கால அளவில் ஏற்படும் மோட்டாரின் எல்லா வேக மாற்றங்களினால் பாதிக்கப்படாமல் மாறா நிலையில் இருக்க வேண்டும். ஆனால், நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரில் வேகம் அதிகரித்தால், புலக்கிளர்வு (excitation) குறைகிறது. அதாவது மோட்டாரின் வேகம், புலக்கிளர்வு ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை நிலையாயிருக்கும். ஆகவே. எவ்வித மாற்றமுமின்றி நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரின் மின்னியக்கு விசையினை, மின்தருவியின் மின்னழுத்தத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாயிருக்கும்படிச் செய்வது முடியாத காரியம்.

(3) மின்முறை இழுப்பு அமைப்புகளில் மின்தருவி மின்னழுத்தத்தில் மாற்றம் அடிக்கடி நிகழ்கிறது. மின்தருவி மின்னழுத்ததில் ஏற்படும் இந்தச் சிறு மின்னழுத்த வேறுபாடு, மீளாக்க மின்னோட்டத்தில் (regenerated current) பெருத்த மாறுபாட்டினை விளைவிக்கும். ஆகவே, மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் ஏற்றத்தாழ்வினைச் சரி செய்யும் பொருட்டு, ஈடுசெய்யும் கருவி (compensating device) தேவை.

மீளாக்க நிறுத்தத்தினை, நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டார்களுக்குப் பயன்படுத்துவதற்குமுன், இம்மோட்டார்களை கிளைபுல இயந்திரங்களாகவோ (shunt machines) அல்லது தனிக் கிளர்வுற்ற இயந்திரங்களாகவோ (separately excited





படம் 2.45.

(i) இயல்பாக ஓடும்பொழுது மோட்டாராக இயங்கும் (Motoring)

(ii) மீளாக்க நிறுத்தத்தின்பொழுது மின்னாக்கியாக (Generating) இயங்கும்

மின்முறை உள்ளூர்-இயங்கும் பொறிகளுக்குப் (Electric locomotives) பயன்படுத்தப்படும் மீளாக்க நிறுத்தம்

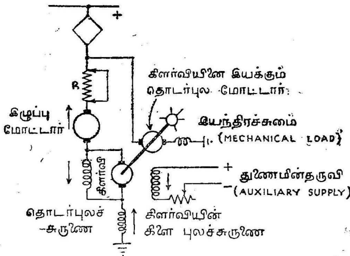
machines) மாற்றியமைக்க வேண்டும். சாலை இருப்பூர்தி tramways), மின்னூர்தி வண்டிகள் (trolley buses) போன்ற பணிகளுக்கு ஒரே ஒரு நேர்மின்னோட்டத் தொடர்புல மோட்டாரினைப் பயன்படுத்துவர். அப்படிப்பட்ட மோட்டாருக்கு மீளாக்க நிறுத்தம் எப்படிப் பொருத்தப்பட வேண்டும் என்பதனை அத்தியாயம் 1-ல் பார்த்தோம். ஆனால், இழுப்புப் பணிகளுக்கு இரண்டு, நான்கு போன்ற இரட்டை எண்ணிக்கை கொண்ட மோட்டார்களைப் பயன்படுத்துவதால், இத்தகைய அமைப்பிற்கு மேற்கொள்ளப்படும் மீளாக்க நிறுத்தம், படம் 2-45-ல் காட்டியவாறிருக்கும்.

நான்கு தொடர்புல மோட்டார்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மீளாக்க நிறுத்தல் அமைப்பு படம் 2-45 (ii)-ல் காட்டியவாறு இருக்கும். இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்னகங்களில் ஏதேனும் ஒரு மின்னகத்தினூடே பாயும் மின்னோட்டம் புலச் சுருணைகளைக் கிளர்வடையச் செய்யப் போதுமானது. ஆகையால், மற்ற மின்னகங்களினூடே பாயும் மின்னோட்டம் மின்திறன் அமைப்புக்கே திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. மின்தொடர்க் கம்பியில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்க மாறுபாடுகளுக்கேற்ப, இந்த அமைப்பு இயல்பாகவே சரியீடு செய்துகொள்வதால், இஃது ஒரு நிலையான அமைப்பாகும். புலச்சுருணைகளின் சுற்றதரில் தொடர்நிலையில் R என்னும் மின்தடை இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், இந்த மின்தடையில் மின்னிழப்பு ஏற்படுகிறது.

மின்தடையில் ஏற்படும் மின்னிழப்பினைத் தவிர்க்க வேண்டி, நவீன அமைப்பு முறைகளில், புலச்சுருணைகளைக் கிளர்வடையச் செய்யத் தனிப்பட்ட கிளர்வியினைப் (separate exciter) பயன்படுத்துகின்றனர். இத்தகைய அமைப்பு ஒன்றினைப் படம் 2-46 (அ)-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பில் ஒரு தொடர்புல மோட்டாரினால் இயக்கப்படும் வேறுபாட்டுக் கட்டுப்படுத்தும் கிளர்வி (differentially controlled exciter) ஒன்று பிணைக்கப் பட்டுள்ளது.

படம் 2-46 அ)-ல் காட்டியவாறு மின்விசிறிகள், மின்ஊதிகள் (blowers) போன்ற நிலையான இயந்திரச்சுமை இத்துடன் இணைக் கப்பட்டுள்ளன. கிளர்வியின் (exciter) கிளைப்புலத்தைக் (shunt field) கிளர்வடையச் செய்யத் துணை-மின் தருவி (auxiliary supply) தேவைப்படுகிறது. மீளாக்கத்தின்பொழுது கிளர்வியின் கிளைப் புலமும், இழுப்பு மோட்டாரின் தொடர்புலமும் ஒன்றையொன்று எதிர்த்து நிற்கும்படி அமைந்துள்ளது. மீளாக்கத்தின்பொழுது,

ஏதேனும் ஒரு தருணத்தில், மின்தொடர்க்கம்பியின் மின்னழுத்தம் குறைவதாகக் கொள்வோமானால், இது மீளாக்க-மின்னேட்ட அளவினை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. இதனால் இழுப்பு மோட்டாரின் தொடர்புலத்தின் கிளர்வு அதிகரிக்கிறது. கிளர்வியின் கிளைபுலம்,



படம் 2-46. (அ)

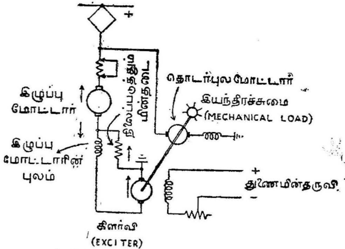
கிளர்வியினைப் பயன்படுத்திப் பெறும் மீளாக்கம்

இழுப்புமோட்டாரின் தொடர்புலத்திற்கு எதிரிடையாக அமைந்திருப்பதால், கிளர்வியின் மின்னியக்கு விசை (e.m.f.) குறைகிறது. இதனால், இழுப்புமோட்டாரின் மின்னியக்கு விசையும் குறைகிறது. இங்ஙனம் மின்தருவியின் மின்னழுத்தமும் (supply voltage) மீளாக்க மின்னியக்கு விசையும் (regenerated e.m.f.) சரிசமமாக்கப் படுகிறது. நிறுத்தி திருக்கத்தினைக் (braking torque) கட்டுப் படுத்துவதற்கு கிளர்வியின் சுற்றதரில் 'R' என்னும் தடைமாற்றி (rheostat) இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

படம் 2-46 (ஆ)-ல் தொடர்புல, மோட்டாரினால் இயக்கப்படும் மற்றொரு வகையான கிளர்வியுடன் (with exciter) கூடிய அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 2-46 (ஆ)ல் காட்டியபடி அமைப்பு, படம் 2-46 (அ)-ல் காட்டியுள்ளதைப் போன்றது எனினும், இந்த அமைப்பில் நிலைப் படுத்தும் மின்தடை (stabilising resistance), இழுப்புமோட்டாரின் புலச்சுருணைக்கு இணையாக (parallel) இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

கிளர்வி மின்னழுத்தம், நிலைப்படுத்தும் மின்தடை, புலச்சுருணை யின் மின்தடை ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சிக்குச் சரிசமமாக்கும்.



படம் 2-46 (ஆ)
கிளர்வியினைப் பயன்படுத்திப் பெறும் விளக்கம்

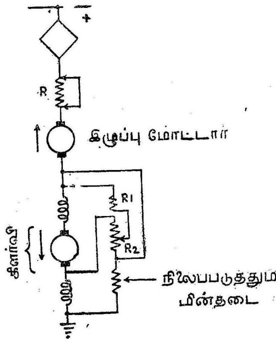
படம் 2-46 (இ) ல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்பின்படி, இழுப்பு மோட்டார்களில் ஒன்றினைக் கிளர்வியாகப் பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது. அப்படிப் பயன்படுத்தப்படும் கிளர்வி ஒரு தற்கிளர்வு மின்னாக்கியாக (self- excited generator) இயக்கப்படுகிறது. கிளர்விச் சுற்றதரிலுள்ள மின்தடையினை மாற்றியோ அல்லது புலச்சுருணையினைக் காப்பிடச் செய்தோ (shielding) நிறுத்தி-திருக் கத்தினைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.

2-10-2-2. மாறுதிசை இழுப்பு மோட்டார்களுக்கான மீளாக்க நிறுத்தி (Regenerative braking on A. C. Traction motors)

ஒருந்தி (single phase) மாறுதிசை தொடர்புல மோட்டாரில் மீளாக்க நிறுத்தியினைப்பயன்படுத்தினால் கீழ்க்கண்ட இடையூறு கள் ஏற்படுகின்றன :

(1) தற்கிளர்வு (self excitation) : மீள் ஆக்க நிறுத்தல் கால அளவின்போது அந்த மின்பொறி தற்கிளவு மின்னாக்கியாக

(self excited generator) இயக்கக்கூடாது, மேலும் ஆக்க அலை வெண் (generated frequency) மின்தருவியின் அலைவெண்ணி



படம் 2-46. (இ)
கிளர்வியினைப் பயன்படுத்திப் பெறும் மீளாக்கம்

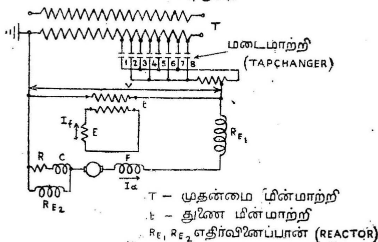
லிருந்து (supply frequency) மாறுபடும் அங்ஙனம் மாறுபடுவதை தவிர்க்க வேண்டும்.

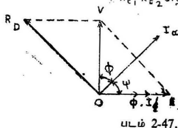
(2) உயர்மின் திறன் காரணியின் தேவை High rower factor requirement): உயர்மின் திறன் காரணியில் இயக்கப்படும்பொழுது, இப்பொறி தற்கிளர்வினால் பாதிக்கப்படும். இப் பொறியினைத் தற்கிளர்வினால் (self excitation) பாதிக்கப்படாமல் செய்ய வேண்டுமானால், இப் பொறி குறை-மின்திறன் காரணியில் இயக்கப்பட வேண்டும்.

மேற்குறிப்பிட்ட குறைகள் நிவர்த்திக்கப்பட வேண்டுமானால் மீளாக்க நிறுத்தி திட்டம். படம் 2-47-ல் காட்டியபடி அமைக்கப்பட வேண்டும். இந்த முறைக்குப் போர் எசென்பர்க் முறை மீளாக்க நிறுத்தம் (Bohr Eschenburg method of regenerative braking) என்று பெயர். படம் 2-47ல், காட்டியபடி, இழுப்பு மோட்டாரின்

கிளர்வு புலச்சுருணையைக் (exciting winding) கிளர்வுறச் செய்யும் (excite) பொருட் துணைமின்மாற்றி பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது. இழுப்பு மோட்டாரின் மின்னகம் (armature) மடை மாற்றி (top changer) வழியாகத் தலையாய மின்மாற்றியுடன் இணைக்

ஒற்றைநிலை மாறுதிசை தொடர்புல
மோட்டாருக்கான மீளாக்க நிறுத்தீ





படம் 2-47.

நெறிய வரைபடம் (Vector diagram)

கப்பட்டுள்ளது. இழுப்பு மோட்டாரின் மின்னகத்திற்கும் மடை மாற்றிக்கும் இடையே அடைப்புச்சுருள் (choking coil) இரும்பு உள்ளக எதிர்வினைப்பான் RE_1 ஆகியவை தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. திசை மாற்றும் புலச்சுருணை C-யும் (commutating pole winding), மின்தடை R-ம் தொடர்நிலையில் இணைத்து, இத் தொகுப்புக்கு இணை நிலையில் இரும்பு உள்ளக எதிர் வினைப்பான் (iron cored reactor) RE_2 பொருத்தப் பட்டுள்ளது. திசைமாற்றும் காந்தப்பாய்வு (commutator flux) சரியான நிலையினைப் (correct phase) பெறுவதற்கு மேற்குறித்த அமைப்பு தேவைப்படுகிறது. மடைமாற்றியின் மின்னழுத்தம்

V எனக் கொண்டால், கிளர்வு புலச்சுருளையில் பாயும் மின்னோட்டம் I_f, V வோல்ட்டிலிருந்து சுமார் 90° பிந்துகிறது (lag by approximately 90°). இதனால் மோட்டாரில் தோற்றுவிக்கப்பட்ட E என்னும் மின்னியக்கு விசை கிளர்வு மின்னோட்டத்துடன் ஒன்றிய நிலையில் (in phase) இருக்கும். V வோல்ட்டுக்கும் E வோல்ட்டுக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த நெறிய நிலை வித்தியாசம் (vector difference) RE_1 என்னும் எதிர்வினைப்பானுக்குக் குறுக்கே செலுத்தப்படுகிறது. இதனை நெறிய வரைப் படத்தில் (vector diagram) OD என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னக மின்னோட்டம் I_a, எதிர்வினைப்பான் மின்னழுத்தத்திற்கு சுமார் 90° பிந்துகிறது. மடை மாற்றியின் குறுக்கேயுள்ள எந்த மின்னழுத்த அளவிலும், தோற்றுவிக்கப்படும் நிறுத்தி-திருக்கம் (braking torque) $I_a \cos \phi$ மின்னோட்டத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். இழப்புகளின் அளவினைப் புறக்கணித்தால், மின்னூற்று வாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பப்பட்ட மின்திறன் அளவும், $I_a \cos \phi$ என்ற மின்னோட்ட அளவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருப்பதாகக் கொள்ளலாம்.

2-10-2-3. மீள் ஆக்க நிறுத்தியின் மேன்மைகள்

(1) மீள் ஆக்க நிறுத்தத்தில், நிறுத்தி ஆற்றலினை (braking energy) மின்னாற்றலாக மாற்றப்பட்டு இதனை மின்திறன் அமைப்பிற்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. இதனால் மின்னாற்றல் செலவு 20 முதல் 30 சதவீத அளவு குறைகிறது. ஆகவே, இயக்கச் செலவும் (operating cost) கணிசமான அளவு குறையும்.

(2) மீள் ஆக்க நிறுத்தியைப் பயன்படுத்தினால், தடுப்பு கட்டைகள் (braking shoe) உருளிப்பட்டைகள் (tyres) ஆகியவற்றின் தேய்வு குறைகிறது. இதனால் (i) தடுப்புக்கட்டைகள், உருளிப்பட்டைகள் நீடித்துழைக்கும் (ii) அவற்றைப் புதுப்பிக்கும் செலவு குறைகிறது. (iii) நிறுத்தியில் படியும் தூசு, துகள்களின் அளவும் குறையும்.

(3) மீள் ஆக்க நிறுத்தியின்மூலம் மிக உயர்ந்த அளவு நிறுத்தி-ஒடுக்கம் (braking retardation) கிடைப்பதால், இரயில் வண்டியினை மிகவும் குறுகிய காலத்தில் தடுத்து நிறுத்தலாம். இதனால் இரயில் வண்டி இரு நிலையங்களைக் கடக்க எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் குறைகிறது. இரயில் வண்டி இறங்கு சரிவில் (down gradient) செல்லும்பொழுது உயர் வேகங்கள் கிடைக்கின்றன.

(4) மேலும் இந்த வகை நிறுத்தியின் மூலம் இரயில் வண்டியில் ஓட்டக் காப்புறுதி நிலை மிகுதிப்படுத்தப்படுகிறது (enhances running safety).

(5) சரிவுகளில் மிகுந்த பாரமுடைய வண்டிகளை மின்னேக்கி ஏவுவதற்குப் (propulsion) மீளாக்க நிறுத்தி பெரிதும் பயன் படுகிறது.

பொதுவாகத் தலையாய இருப்புப்பாதையின் தடச்சரிவு 0·6 சத வீதத்திற்கு மிகுந்திருந்தால் மீளாக்க நிறுத்தியினைப் பயன்படுத்து வது நல்லது.

2-10-2-4. மீள் ஆக்க நிறுத்தியின் குறைகள்

(1) மீள் ஆக்க ஆற்றலினைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கும் இயந் திரப் பொறிகளைப் பாதுகாப்பதற்கும் (protection of equipment) கூடுதலான கருவிகள் தேவைப்படுகின்றன. ஆகவே, தொடக்கச் செலவு அதிகம். அவற்றினைப் பராமரிப்பதற்கு (maitenance) ஆகும் செலவும் அதிகம்.

(2) நேர் மின்னோட்ட இழுப்பு வகை அமைப்பில் பயன் படுத்தப்படும் மீளாக்க நிறுத்தல் முறைக்குத் தேவைப்படும் மோட்டாரின் உருவளவு அதிகரிப்பதால் தொடக்கச் செலவு கூடு கிறது. இரயில்வண்டியின் எடை அதிகமாகிறது.

(3) இரயில் வண்டியின் வேகம் கிட்டத்தட்ட 7 கி.மீ/மணி அளவுக்கு மீள் ஆக்க நிறுத்தியினைக் கொண்டு குறைத்தவுடன் அதனை ஓய்வு நிலைக்குக் கொணர இயந்திரப் பொறி நிறுத்தி (machanical braking) தேவைப்படுகிறது.

(4) மின் தருவிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்னாற்ற லினால், துணைமின் நிலையங்களை (sub-stations) இயக்குவதில் மிகுந்த சிக்கல் ஏற்படுகிறது. பாதரச நிவர்த்திப்பான்களைக் கொண்ட துணைமின் நிலையங்களில் இந்த மீள் ஆக்க ஆற்றலினை மேற்கொள்ளுவதற்குத் தனிப்பட்ட சில சாதனங்கள் கூடுதலாகத் தேவைப்படுகின்றன. சாலை இருப்பூர்தி வண்டிகள், மின்னூர்தி வண்டிகள் போன்றவற்றில் பயன்படுத்தினால் தொடக்கச் செலவு அதிகமாவதுடன், இயக்கத் தொல்லைகளும் மிகையாகின்றன.

2-10-3-1. இயந்திரவியல் மீளாக்க நிறுத்தி (Mechanical regenrative braking)

ஓர் இரயில் வண்டியை ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்திற்கு முடுக்கமடையச் செய்தால், அந்த வேகத்திற்குத் தக்க இயங்கு-ஆற்றலினை இரயில் வண்டி பெறுகிறது. இரயில் வண்டியின் நிறை (mass) "m" கிலோ கிராம் என்றும், அது செல்லும் திசை வேகம் 'v' மீட்டர்/வினாடி என்றும் கொண்டால் அந்த இரயில் வண்டி பெறும் இயங்கு ஆற்றலின் அளவு $\mathcal{E} = \frac{1}{2}\,m\,v^2$ ஜூல்கள் அல்லது வாட்-விநாடிகள். ... (2-64)

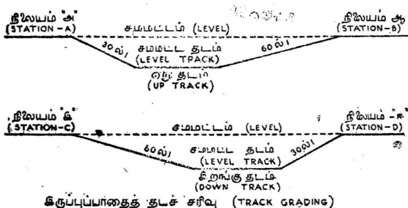
இரயில் வண்டி சறுக்கிச் செல்லும் கால அளவில் (during coasting period) இந்த இயங்கு ஆற்றலின் ஒரு பகுதி இரயில் வண்டியினை முன்னோக்கி ஏவுவதற்கும், வேறு சில பகுதி உராய்வுத் தடை (frictional resistance), இரயில் வண்டி இயக்கத்திற்கு இடையூறாயிருக்கும் வளி அழுத்தம் போன்ற தடைகளைச் சரிக்கட்டு வதற்கும் செலவழிக்கப்படுகிறது. முடுக்க கால அளவில் இறுதியில், தேக்கி வைக்கப்பட்ட இயங்கு ஆற்றல், இரயில் வண்டியினை முன்னோக்கி ஏவும்படியான (propulsion) பயனுள்ள பணிக்குச் செலவிடப்படுவதால், சறுக்கலினை (coasting) "இயந்திர வியல் மீளாக்க நிறுத்தி"யாகக் கருதலாம். இரயில்வண்டி இயக்கத்தினால் சேகரிக்கப்பட்ட இயங்கு ஆற்றல் இங்ஙனம் செலவழிக்கப்படுவதினால் இரயில் வேகம் வீழ்ச்சியுறுகிறது.

பாதாள இரயில்வேக்களுக்கு (underground railways) ஒரு வகையான இருப்புப்பாதை தடச்சரிவு (track grading) பயன் படுத்தப்படுகிறது. இதில் இரயில் வண்டியின் இயங்கு விசை புவியீர்ப்பு விசைக்கு எதிரிடையாக இயக்குவிக்கப்படுகிறது. இரு வகையான இருப்புப்பாதைத் தடச்சரிவுகளைப் (graded tracks) படம் 2-48 (அ)-விலும், 2-48 (ஆ)-விலும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

படம் 2-48(அ)-ல் காட்டியதுபோல் 'அ' என்னும் நிலையத்திலிருந்து புறப்படும்போதுள்ள தடச்சரிவு 30-ல் 1. நிலையம் 'ஆ' வினை வந்தடையும்போதுள்ள தடச்சரிவு 60-ல் 1. அதேபோல் படம் 2-48 (ஆ) இறங்கு தடத்தினைக் (down track) குறிக்கிறது.

இரயில் வண்டி சம மட்ட தடத்திலிருக்கும்பொழுது மின்திறன் துண்டிக்கப்படுகிறது. இரயில்வண்டியின் இயங்கு ஆற்றல் நிறுத்தி ஆற்றலாக வீணாக்காமல், நிலை ஆற்றலாகச் (potential energy) சேகரித்து வைக்கப்படுகிறது. ஏனெனில், இரயில்வண்டி

தடச்சரிவு 60-ல், 1 வழியாக ஏறி நிலையம் "ஆ"வினை வந்தடைய வேண்டும். இந்த நிலையாற்றல் இரயில்வண்டியினை இறங்கு



படம் 2-48 (அ). (மேல் படம்)
படம் 2-48. (ஆ) (கீழ்ப் படம்)
தடச் சரிவு

சரிவில் இறங்க வைத்து, இரயில்வண்டி முடுக்கமடையப் பயன்படுகிறது. இலண்டனில் உள்ள குழாய்-இரயில்வேக்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் இப்படிப்பட்ட நிறுத்தி வகையினைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

2-10-3-2. மீளாக்க நிறுத்தியின்போழ்து, மின்தருவிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்னாற்றலளவினைக் கணக்கிடுதல்

மீளாக்க நிறுத்தியினைப் பயன்படுத்தி, மின்தருவிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு கீழ்க்கண்டவற்றினைப் பொறுத்திருக்கும்.

(1) மீளாக்க நிறுத்தியின் போழ்திருக்கும் இரயில்வண்டியின் தொடக்க வேகமும், இறுதிவேகமும்.

(2) இரயில்வண்டித் தடை (train resistance).

(3) இரயில்வண்டி இறங்கு சரிவில் செல்லும்பொழுதுள்ள தடச்சரிவு (track grading).

(4) மீளாக்க நிறுத்தி அமைப்பின் எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பயனுறுதிறன்.

இரயில்வண்டியின் தொடக்க, இறுதி வேகங்கள் முறையே V_1, V_2 கிலோ மீட்டர்/மணி எனக் கொள்வோம். இரயில்வண்டி யின் நிலை எடை W டன்னி (Tonne) என்றால் அதன் முடுக்க எடை W_e டன்னி (அதாவது W_e = நிலை எடை + சுழற்சி நிலைம எடை). ... (2-65)

இரயில் வண்டியின் வேகம் V_1 கிலோ மீட்டர்/மணியாக இருக் கும்பொழுது, வண்டியினுள் சேகரிக்கப்பட்ட இயங்கு ஆற்றல்.

$$\mathcal{E}_1 = \frac{1}{2} \times 1000\, W_e \left(\frac{1000\ V_1}{3600}\right)^2 \times \frac{1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்}$$

$$= 0{\cdot}01072\, W_e\, V_1^2 \text{ வாட் மணிகள்} \quad \ldots \quad (2\text{-}66)$$

அதேபோல் இரயில்வண்டியின் வேகம் V_2 கிலோ மீட்டர்/மணி யாக இருக்கும்பொழுது, வண்டியினுள் சேகரிக்கப்பட்ட இயங்கு ஆற்றல்.

$$\mathcal{E}_2 = 0{\cdot}01072\, W_e\, V_2^2 \text{ வாட் மணிகள்} \quad \ldots \quad (2\text{-}67)$$

மீளக்கத்தின் போழ்து கிடைக்கும் இயங்கு ஆற்றல்.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 0{\cdot}01072\, W_e\, V_2^2 \text{ வாட்மணிகள்} \quad \ldots \quad (2\text{-}68)$$

ஓர் இரயில்வண்டியின் நிலைஎடை W டன்னி (tonne) என்றும், இரயில்வண்டி இயக்கத்திற்கு ஏற்படும். உராய்வுத்தடை (frictional resistance) "γ" கிலோ கிராம்/டன்(னி) என்றும் கொண்டால், இதற்குத் தேவையான இழுப்புச்சக்தி $= W\gamma$ கிலோ கிராம் அல்லது $9{\cdot}81\, W\gamma$ நியூட்டன்கள்.

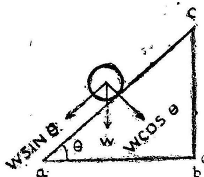
G சத வீதத் தடச்சரிவில் W டன்(னி) நிறையுள்ள ஓர் இரயில் வண்டி படம் 2-49-ல் காட்டியவாறு கீழ்நோக்கிச் செல்வதாகக் கொண்டால், சேமிப்பு இயங்கு ஆற்றல் $= 1000\, W \times \sin\theta \times 9{\cdot}81$ நியூட்டன்கள் ... (2-69)

இதில் W என்பது இரயில்வண்டியின் நிலை எடை [டன்(னி)

ஆனால், G சத வீதச் சரிவு $= \sin\theta \times 100$.

ஆகவே சேமிப்பு இயங்கு ஆற்றல் $= 1000\, W \times \frac{G}{100} \times 9{\cdot}81$

$= 98{\cdot}1\, W\, G$ நியூட்டன்கள் ... (2-70)



படம் 2-49.
தடச் சரிவில் இரயில் வண்டி கீழ்நோக்கிச் செல்லுதல்

இதிலுள்ள எதிர்க்குறி இரயில்வண்டி இயங்கு ஆற்றலைச் சேகரித்து வைத்திருப்பதைக் குறிக்கும்.
எனவே, ஒடுக்கத்திற்குத் தேவையான இழுப்பு முயற்சி

$= 9{\cdot}81\, W \gamma - 9{\cdot}81 \times 10\, WG$

$= 9{\cdot}81\, W \left\{\gamma - 10\, G\right\}$ நியூட்டன்கள் ... (2-71)

ஒடுக்க கால அளவில் சென்ற தூரம்

$= \left(\frac{V_1 \times V_2}{2} \times \frac{1000}{3600} \times t\right)$ மீட்டர்கள் ... (2-72)

இதில் t என்பது ஒடுக்க கால அளவு (விநாடி). இரயில்வண்டி இறங்கு சரிவில் செல்லும்பொழுது, இழுப்பு முயற்சி, மின் தருவி அமைப்பிற்கு ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது.

இந்த ஆற்றலின் அளவு = இழுப்புச்சக்தி × ஒடுக்க கால நேரத்தில் சென்ற தூரம்

$= 9{\cdot}81\, W\, (10G - \gamma) \times \left[\frac{V_1 \times V_2}{2} \times \frac{1000}{3600}\, t\right]$

நியூட்டன்-மீட்டர்

$$= 9{\cdot}81\, W\,(10G - \gamma) \left[\frac{V_1 + V_2}{2} \times \frac{1000}{3600} \times t\right] \frac{1}{3600} \text{ வாட் மணிகள்.}$$

$$= 9{\cdot}81\, W\,(10G - \gamma) \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \times \frac{t}{3600} \times \frac{1000}{3600}\right) \quad \ldots \quad (2\text{–}73)$$

மொத்த சேமிப்பு ஆற்றல்

$$= 0{\cdot}01072\, W_e\,(V_1^2 - V_2^2) + \frac{9{\cdot}81W\,(10G-\gamma)}{360 \times 36} \frac{(V_1 + V_2)}{2} \times t$$

வாட் மணிகள்.

எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பயனுறுதிறன் "η" என்றால், மின் திறன்-தருவிக்கு திருப்பிக் கொடுக்கப்படும் மொத்த ஆற்றலின் அளவு

$$= \eta \left[0{\cdot}01072\; W_e(V_1^2 - V_2^2) + \frac{9{\cdot}81W\,(10G-\gamma)\,(V_1+V_2)}{25{,}920} \times t\right.$$

வாட்மணிகள் ... (2–74)

எடுத்துக்காட்டு 2-20:

400 டன்(னி) எடையுள்ள ஓர் இரயில்வண்டி 60-ல் 1 இறங்கு சரிவில் செல்லும்பொழுது, அதன் வேகம் மீள் ஆக்க நிறுத்தியின் மூலம் 80 கிமீ/மணியிலிருந்து 50 கிமீ/மணிக்கு 120 விநாடிகளில் குறைக்கப்படுகிறது. இரயிலின் முடுக்கம் நிலையானதாகவும், பயனுறுதிறன் 75% சத வீதம் உள்ளதாகவும் எடுத்துக்கொண்டால், மின் தலைவாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பப்பட்ட மின் ஆற்றலைக் கண்டுபிடிக்கவும். இரயில் தண்டவாளத்தின் தடை 50 நியூட்டன்கள்/டன்(னி) சுழற்சி நிலைமம் (rotational inertia) 7·5% எனக் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. நவம்பர் 1971)

$$\text{இரயில்வண்டியின் முடுக்க எடை } W_e = 400 \times \frac{107{\cdot}5}{100}$$

$$= 430 \text{ டன்(னி)}$$

இரயில்வண்டியின் வேகம் 80 கி. மீ/மணியாக (V_1) இருக்கும் பொழுது அதன் இயங்கு ஆற்றல் $\mathcal{E}_1 = \dfrac{0{\cdot}01072\, W_e\, V_1^2}{1000}$

$$= \frac{0{\cdot}01072 \times 430 \times 80^2}{1000}$$

$$= 29{\cdot}50 \text{ கிலோ வாட்மணி}$$

இரயில்வண்டியின் வேகம் 50 கி. மீ / மணியாக (V_2) இருக்கும் பொழுது அதன் இயங்கு ஆற்றல் $\mathcal{E}_2 = \dfrac{0\cdot01072 \times W_e V_2^2}{1000}$

$$= \frac{0\cdot01072 \times 430 \times 50^2}{1000}$$

$= 11\cdot52$ கிலோ வாட் மணி.

மின் ஊக்க நிறுத்தியின்மூலம் இரயில்வண்டியின் வேகத்தினை ஒடுக்கும்பொழுது (during retardation) கிடைத்த மின்னாற்றல்

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 29\cdot50 - 11\cdot52$$

$$= 17\cdot98 \text{ கி.வா.ம}$$

இரயில்வண்டியின் தண்டவாளத்தின் தடை (γ)

= 50 நியூட்டன்கள்/டன் னி

சத வீதச் சரிவு $G = \dfrac{1}{60} \times 100 = \dfrac{5}{3} = 1\dfrac{2}{3}\%$

இறங்கு சரிவின் போது ஒடுக்கத்திற்குத் தேவைப்படும்

இழுப்பு முயற்சி $= (W \times v) - \left(1000\, W \times \dfrac{G}{100}\right) 9\cdot81$

$$= W \times v - 98\cdot10\, G.W$$

$= 400 \times 50 - 98\cdot1 \times \dfrac{5}{3} \times 400$ நியூட்டன்கள்

$$= 20{,}000 - 65{,}400$$

$$= -45{,}400$$

ஒடுக்க கால அளவில் சென்ற தூரம்

$$= \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \frac{1000}{3600} \times t$$

$$= \left(\frac{89 + 59}{2}\right) \frac{1000}{3600} \times 120$$

$= 2166\cdot7$ மீட்டர்கள்

இரயில்வண்டி இறங்கும் சாய்வு விகிதத்தில் செல்வதால் இந்த இழுப்பு முயற்சி × சென்ற தூரம் ஆகியவற்றினுல் கிடைக்கும் கூடுதலான மின்னுற்றலும், மின் தலைவாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பப் படுகிறது. இங்ஙனம் கிடைக்கும் மின்னுற்றல்

$$= \frac{45,400 \times 2166 \cdot 7}{1000 \times 3600} \text{ கிலோ வாட் மணிகள்.}$$

$$= 35.73 \text{ கிலோ வாட் மணிகள்.}$$

ஆகவே, மின் தருவாய் அமைப்புக்குத் திருப்பி அனுப்பப்பட்ட மின்னுற்றலின் அளவு.

$$= 0 \cdot 75\,(17 \cdot 98 + 35 \cdot 73)$$

$$= 40 \cdot 28 \text{ கிலோ வாட்மணி.}$$

எடுத்துக்காட்டு 2–21 (அ):

600 டன்(னி) எடையுள்ள ஓர் இரயில்வண்டி 60–ல் 1 இறங்கு சரிவில் செல்லும்பொழுது, மீளாக்க நிறுத்தியின்மூலம் இரயில் வண்டியின் வேகத்தினை 75 கிலோ மீட்டர்/மணியிலிருந்து 25 கிலோ மீட்டர்/மணிக்குக் குறைக்கப்படுகிறது. இரயில்வண்டி சென்ற தூரம் 2 கிலோ மீட்டர் என்ருல், மின் தோற்றுவாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பட்ட மின்னுற்றலைக் கண்டுபிடிக்கவும். இரயில் வண்டியின் தண்டவாளத்தடை 5 கிலோ கிராம்/டன்(னி); எல்லா வற்றையும் உள்ளிட்ட பயனுறுதிறன் (overall efficiency) 80%; சுழற்சி நிலைமம் (rotational inertia) 10% எனக் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E., ஏப்ரல் 1973)

தீர்வு :

இரயில்வண்டியின் நிலைஎடை $W = 600$ டன்(னி)

இரயில்வண்டியின் முடுக்க எடை $W_e = 600 \times 1 \cdot 1 = 660$ டன்னி

இரயில்வண்டியின் தொடக்க வேகம் $V_1 = 75$ கிமீ/மணி

இரயில்வண்டியின் இறுதி வேகம் $V_2 = 25$ கிமீ/மணி

சத வீதச் சரிவு $G = \frac{1}{60} \times 100 = \frac{5}{3}$

இரயில்வண்டியின் தண்டவாளத்தடை $\gamma = 5$ கிமீ/டன்(னி)

$$\text{சராசரி ஒடுக்க கால அளவு } t = \frac{\text{ஒடுக்க காலஅளவில் சென்ற தூரம்}}{\text{சராசரி வேகம்}}$$

$$= \frac{2}{(75+25)/2} \times 3600 \text{ விநாடிகள்}$$

$$= 144 \text{ விநாடிகள்}$$

எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பயனுறுதிறன் $\eta = 0 \cdot 8$. மின்தோற்றுவாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்னாற்றல்,

$$= \eta \left[0 \cdot 01072\, W_e (V_1^2 - V_2^2) + \frac{98 \cdot 1\, W (10\, G - \gamma)\, (V_1 + V_2)\, t}{25{,}920} \right] \text{வாட் மணிகள்}$$

$$= 0 \cdot 8 \left[0 \cdot 01072 \times 660\, (75^2 - 25^2) + \frac{98 \cdot 1 \times 600\, (10 \times \frac{5}{3} - 5)\, (75 + 25) \times 144}{25{,}920} \right]$$

வாட் மணிகள்

$$= 0 \cdot 8\, [35{,}376 + 38{,}150] \text{ வாட் மணி}$$

$$= 58 \cdot 82 \text{ கிலோ வாட் மணிகள்}$$

எடுத்துக்காட்டு 2-21 (ஆ):

(i) எடுத்துக்காட்டு 2-21 (அ)-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்களைக் கொண்டு, மின்தோற்றுவாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்திறனைக் கணக்கிடுக.

(ii) எடுத்துக்காட்டு 2-21 (அ)-ல் குறிப்பிட்டுள்ளபடி, மீளாக்க நிறுத்தம், இரயில்வண்டியின் வேகத்தினை 75 கிமீ./மணியிலிருந்து 25 கிமீ./மணிக்குக் குறைப்பதற்குப் பதிலாக, 75 கிமீ/மணியிலேயே நிலையாக நிறுத்தப்படும்படி அழைக்குப்பட்டிருக்கமேயானால் மின்தருவி அமைப்புக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்திறனைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு:

(i) சராசரி ஒடுக்க கால அளவு $t = 144$ விநாடி (அதாவது) $= 0 \cdot 04$ மணி

∵ மின்தோற்றுவாய்க்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்திறன்

$$= \frac{58 \cdot 82}{0 \cdot 04} = 1470 \cdot 5 \text{ கிலோ வாட்}$$

(ii) $V_1 = V_2 = 75$ கி.மீ/மணி.

மின்திறன் அமைப்புக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படும்

$$\text{மின்னாற்றலின் அளவு} = \frac{\eta\,[0 + 981 \cdot 1\, W\, (10G - \gamma)\, (V_1 + V_1)t]}{25{,}920}$$

வாட் மணிகள்

$$= 0 \cdot 8\, \frac{[98 \cdot 1 \times 600\, (10 \times 5/3 - 5)\, (75+75) \times 144]}{25{,}920}$$

$$= 0 \cdot 8 \times 57{,}225 \text{ வாட் மணிகள்}$$

$$= 45 \cdot 78 \text{ கிலோ வாட் மணிகள்}$$

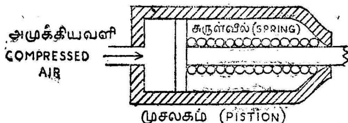
$$\text{சராசரி மின்திறன்} = \frac{45 \cdot 78}{0 \cdot 04} = 1144 \cdot 5 \text{ கிலோ வாட்}$$

2-10-4. பொறி நிறுத்தி

இழுப்பு வண்டிகளுக்கு இயந்திர வகை அல்லது பொறி நிறுத்தி மிகவும் அவசியமானது. இவைகள் பொறித்திறனால் இயக்கப்படுபவை. பொறித்திறனைப் பயன்படுத்தி இருவகை நிறுத்திகள் உள்ளன. ஒன்று வெற்றிட நிறுத்தி (vacuum brake): மற்றொன்று அமுக்கிய வளி நிறுத்தி (compresed air brake).

(1) வெற்றிட நிறுத்தி : இஃது ஒரு செங்குத்து உருளையினாலானது. இதனுள் ஒரு முசலகமும் (piston), ஒரு முசலகத் தண்டும் உள்ளன. நெம்புகோல்கள் அமைப்புகள் மூலம், இத் தண்டு, நிறுத்தி வினை இயக்குகிறது. முசலகத்தின் மேலும் அப் பகுதியிலும் வெற்றிடம் உண்டாக்கப்பட்டு, இயல்பான நிலைமையில், முசலகம் உருளையின் அடிப்பகுதியில் நிற்கிறது. நிறுத்தியினைப் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது, வளியழுத்தத்தில் காற்றினை உட்செலுத்துவதால் அடிப்பகுதியில் வெற்றிடம் முறிவடைகிறது. முசலகம் மேலே தூக்கப்பட்டு, நிறுத்திகளை இயக்கித் தடுப்பு ஏற்படுத்துகிறது. நிறுத்தி இயக்கத்தினை விடுவிப்பதற்கு, வெற்றிடத்தை மீண்டும் உண்டாக்கலாம், அல்லது முசலகத்தின் இருபக்கங்களிலும் சம அழுத்தத்தைக் கொடுக்கலாம்.

(2) அமுக்கிய வளி நிறுத்தி : இதில் வளி சேமிப்பு இடம் (reservoir), ஒரு நிறுத்தி நீள் உருளை, ஓர் ஓரதர் (valve), குழாய் ஆகியவை உள்ளன. நிறுத்தி உருளையில் உள்ள சுருள்வில் களினால், நிறுத்திகளெல்லாம் இயக்கமற்ற நிலையில் (OFF)



படம் 2-50

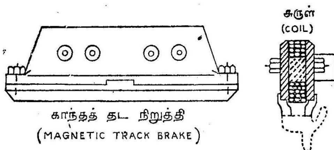
அமுக்கிய வளி நிறுத்தி நீள்உருளை

வைக்கப்பட்டிருக்கும். அச் சமயத்தில் முசலகம் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையிலிருக்கும். நிறுத்திகளைத் தொடக்க வேண்டுமானால், அமுக்கிய வளியினை, உருளைக்குட் செலுத்தவேண்டும். சுருள்வில் விசைக்கு எதிரிடையாக, உட்செலுத்தப்பட்ட வளி, முசலகத்தினை அழுத்துகிறது. உருளையின் உட்செலுத்தப்படும் வளி அமுக்கத் தைப் பொறுத்து, நிறுத்தல் விசை இருக்கும். நிறுத்தத்தினை விடுவிக்க, உருளையிலிருந்து, அமுக்கமுள்ள வளியினை வெளிப் படுத்த வேண்டும்.

(3) காந்தத் தட நிறுத்தி (Magnetic track brake): இதில் உள்ள மின்காந்தம் ஓர் இரட்டை முனையுடையது. இந்த வகை நிறுத்தி வார்ப்பு இரும்பினாலானது. ஆனால், புலமுனை முகங்கள் (pole faces) மென்மையான எஃகினாலானவை. இப் புலமுனைகளைப் புதுப்பிக்க முடியும். கிளர்வுச்சுருள் நீரிறுக்கமான (water tight) மூடியினால் சூழப்பட்டுள்ளது. காந்தப்பாயும் புலமுனை முகங்களுக் கும், இருப்புப்பாதைக்கும் செங்குத்தாக இருப்பதால், காந்தத் திற்கும் இருப்புப்பாதைக்குமுள்ள ஈர்ப்பு விசை,

$$F = \frac{B^2 a}{2 \times 4\pi \times 10^{-7}} \text{ நியூட்டன்கள்}$$

இதில் B என்பது காந்தப்பாய்வு அடர்த்தி (வெபர்/மீட்டர்^{2})
'a' என்பது புலமுனை முகத்தின் பரப்பு (ச. மீ.)



படம் 2 51.
காந்தத் தட நிறுத்தி

டிராம்காரில் கொடுக்கப்படும் இழுப்பு (drag) $= \mu F$. இதில் μ என்பது உராய்வுக் குணகம். இந்தக் காந்தம் டிராம்காரின் பக்க வாட்டில் இழுப்புப்பாதையிலிருந்து சுமார் 0·6 செமீ உயரத்தில் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும்.

(4) மின்பொறி உருளை நிறுத்தி (Electro Mechanical drum brake) : இதில் மோட்டார் இருசுடன் நிறுத்தி உருளை பொருத்தப் பட்டிருக்கும். தடுப்புக்கட்டைகள் சுருள் வில்களினால் இடப்படும். மின்கல அடுக்கினால் கிளர்வுறும் வரிச்சுருள் (solenoid) மூலம் தடுப்புக்கட்டைகள் விடுவிக்கப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 2-22.

ஒரு டிராம் வண்டியில் இரண்டு காந்தத் தண்டவாள நிறுத்தி கள் உள்ளன. அவற்றின் முனைமுகத்தின் (pole-face) பரப்பு 17·5 ச. செமீ. காந்தப் பாய்வு 0·0022 வெபர் எனவும், உராய்வு எண் 0·25 எனவும் கொண்டால், நிறுத்தல் விசையினைக் கணக் கிடவும். இந்த டிராம் வண்டி 11 டன்னி எடையுள்ளதானால் நிறுத்தல் விசையினால் ஏற்படும் முடுக்க வீதத்தினைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

தீர்வு :

ஒவ்வொரு தண்டவாள நிறுத்திக்கும் இரு முனை முகங்கள் உள்ளன.

∴ இரண்டு தண்டவாள நிறுத்திகளில் உள்ள மொத்த முனை முகங்கள் $= 2 \times 2 = 4$.

$$F = 4 \times \frac{B^2 a}{2 \times 4\pi \times 10^{-7}} \text{ நியூட்டன்கள்}$$

$$= 4 \times \frac{\phi^2}{a^2} \times a \times \frac{1}{2 \times 4\pi \times 10^{-7}}$$

$$= \frac{\phi^2}{2\pi a \times 10^{-7}} \text{ நியூட்டன்கள்}$$

இதில் $\phi = 0{\cdot}0022$ அல்லது 22×10^{-4} வெபர்.

$a = 17{\cdot}5$ ச செமீ. அல்லது $17{\cdot}5 \times 10^{-4}$ ச மீ.

$$\therefore \quad F = \frac{22 \times 10^{-4} \times 22 \times 10^{-4}}{2 \times 22 \times 17{\cdot}5 \times 10^{-4} \times 10^{-7}}$$

$$= \frac{11 \times 10^{-8}}{2{\cdot}5 \times 10^{-11}} = 4{\cdot}4 \times 10^3$$

$= 4400$ நியூட்டன்கள்.

நிறுத்தல் விசை $= \mu F = 0{\cdot}25 \times 4400 = 1100$ நியூட்டன்கள்

$11 \times 1000\, \beta = 1100$ நியூட்டன்கள்

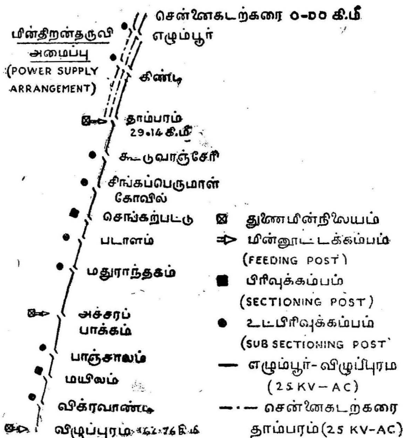
$$\beta = \frac{1100}{11 \times 1000} = 0{\cdot}10 \text{ மீட்டர்/விநாடி}^2$$

$= 10$ செமீ/விநாடி^{2}.

2-11. மின்திறன் தருவி அமைப்பு (Power supply arrangement)

கூட்டு அமைப்பின் ஒரு வகையான ஒருந்தி உயர் மின்னழுத்தத்தைப் பெற்று, தாழ் மின் அழுத்தமுள்ள நேர் மின்னோட்டத்திணிப் பெறும் முறை எல்லா இடங்களிலும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருவதால், அந்த அமைப்பினைப் பற்றி மட்டும் இங்கே குறிப்பிடப் பட்டுள்ளது.

இழுப்பு முறைப் பணிக்குத் தேவைப்படும் ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்திறன் அளவு மிகையானது. இதனால் மூவுந்தி சுற்றதரில் சமனிலா (unbalanced) சுமை ஏற்படுகிறது. இத் தன்மையான சமனிலாச் சுமைகள், உந்திப் பெயர்ச்சி, (phase displacement), விளக்கொளியூட்டம் போன்ற அமைப்புகளைப் பாதிக்கச் செய்வதுடன், இணை திட்ட மின் பரப்பு பின்னல் நிலையக்



படம் 2–52.
மின்திறன் தருவி அமைப்பு

கோவைக்கும் (network) மின்னூட்டம் அளிக்கும் மாறுதிசை மின்னாக்கிகளுக்கும் (alternators) தீங்கு விளைவிக்கும். சமனிலாச் சுமை, மாறு திசை மின்னாக்கிகளில் எதிர் உந்தி வரிசை (negative phase sequence) மின்னோட்டங்களை உண்டாக்கி, இதனால் விளையும், சுழலும் காந்தப் புல திசை ஒத்தியங்கு வேகத்தில், சுழலி வேகத்திற்கு எதிரிடையாக விளங்குகிறது. இதனால் சுழலி

யில் சூடாக்கமேற்படுகிறது. ஆகவே, சமனிலா மின் தருவி அமைப்பினைக் குறிப்பிட்ட வரம்புக்குட்படுத்தும் பொருட்டு, தொடு மின் தொடரினை வெவ்வேறு பகுதிகளாகப் பிரித்து, வெவ்வேறு உந்தி (phase) மின் தொடரிலிருந்து மின் திறன் அளிக்கப்படு கிறது. எடுத்துக்காட்டாக சென்னை—விழுப்புர இருப்புப் பாதைப் பணிக்கான மின் திறன், தமிழ் நாடு மின்சார வாரியத்தின் 110 கிலோ வோல்ட்டு இணை திட்டக் கோவை (110 KVgrid) யிலிருந்து பெறப்படுகிறது. 110 கிலோ வோல்ட்டு கொரட்டூர்—விழுப்புர (Korattur—Villupuram) இரட்டை மின்தொடரிலிருந்து மின் திறன் மூன்று இடங்களில் மடுத்து எடுக்கப்படுகிறது (tapped off). இரயில்வேயின் இழுப்பு துணை மின் நிலையங்கள் 68 கிமீ இடைவெளி தூரத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. முதல் துணை மின் நிலையம், சென்னை கடற்கரை நிலையத்திலிருந்து 27 கி மீ தூரத்தில் கடப்பேரி (தாம்பரம்) என்னுமிடத்தில் அமைக் கப்பட்டுள்ளது. அதேபோல் அச்சிறுப்பாக்கம், விழுப்புரம் ஆகிய துணை மின் நிலையங்களும் சென்னைக் கடற்கரையிலிருந்து முறையே 95 கி மீ, 163 கிமீ தூரங்களில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இங்ஙனம் அமைக்கப்பட்ட துணை மின் நிலையங்கள் மூவுந்தி 110 கிலோ வோல்ட்டு மின் தருவியில் வெவ்வேறு உந்திகளில் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. கடப்பேரியில் உள்ள துணை மின் நிலையம் சிவப்பு—மஞ்சள் உந்திகளுக்கு (red and yellow phases) இடையே இணைக் கப்பட்டுள்ளது. அச்சிறுப்பாக்கம், விழுப்புரம் ஆகிய துணை மின் நிலையங்கள் முறையே, மஞ்சள்—நீல உந்திகளுக்கிடையேயும், நீல—சிகப்பு உந்திகளுக்கு இடையேயும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இங்ஙனம் ஓருந்திச் சுமைகளை, வெவ்வேறு உந்தி மின் தொடர் களில் மாற்றி அமைப்பதன் மூலம், மூவுந்தி மின் தொடர்களும் கிட்டத்தட்ட சமனிலைச் சுமையினை யுடையதாகக் கருதப்படுகிறது.

25 கிலோ வோல்ட்டு, ஓருந்தி 50 சுற்றுகள்/விநாடி அலை வெண் கொண்ட இரட்டை மின் தொடர்கள் இழுப்பு துணை மின் நிலையங்களை, இருப்புப் பாதைக்கு அருகில் உள்ள மின்னூட்டுக் கம்பங்களுடன் (feeding posts) இணைக்கின்றன. தலைமிசைக் கருவியமைப்பு (overhead equipment), இந்த மின்னூட்டக் கம்பங் களிலிருந்து, இடைத்தடுத்துப் பிரிப்பிகள் (interruptors), தனிப் படுத்திப் பிரிப்பிகள் (isolators) ஆகியவற்றின் வழியாக 25 கிலோ வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் மின்திறன் வழங்கப்படுகிறது.

மின்திறன் வழங்கும் கட்டுப்பாட்டுக் கம்பங்கள் சுமார் 10 முதல் 15 கிமீ. இடைவெளி தூரத்தில் இருப்புப்பாதை வழிக் கட்டுப்

பாட்டு (route control) மூலமாக அமைத்து, இழுப்பு மின்திறன் தருவி பகிர்ந்தளிக்கப்படுகிறது.

மின்தருவிக் கட்டுப்பாட்டுக் கம்பங்களின் வகைகள் பின் வருமாறு படம் (2-53) :

(i) மின்னூட்டக் கம்பங்கள் (Feeding posts)—P F. மின்னூட்டக் கம்பங்களில் இரண்டு 25 கிலோ வோல்ட்டு மின்னூட்டத் தொடர்கள் இழுப்பு துணை மின்நிலையங்களிலிருந்து எடுத்து, தலைமிசைக் கருவிகளுக்கு இரட்டைமுனை இடைத்தடுத்துப் பிரிப்பி, தனிப்படுத்திப் பிரிப்பி மூலம் ஒவ்வொரு மின்தொடருக்கும் வழங்கப்படுகிறது. மின்திறனால் இயங்கும் தனிப்பட்ட ஒருந்தி தனிப்படுத்திப் பிரிப்புகள் மின்னூட்டக் கம்பங்களில் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. இம் முறையில் தலைமிசை கருவிகளுக்கு இருமின் தொடர்களிலிருந்து ஏதேனும் ஒன்றினை இணைக்கமுடியும். திரும்பி அனுப்பப்படும் மின்னூட்டத் தொடர்கள் மின்னூட்டக் கம்பத்தில் உள்ள இருப்புப்பாதைகளுடன் இணைக்கப்படுகிறது.

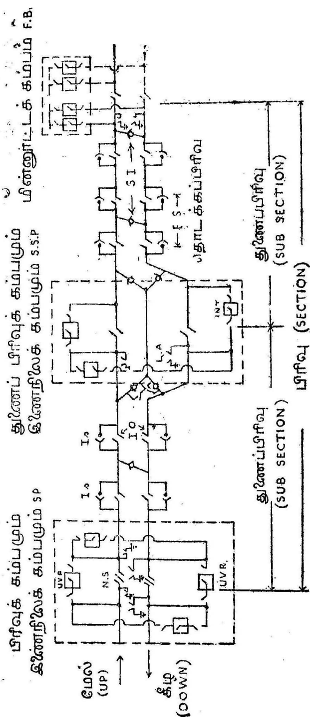
(ii) பிரிவுக்கம்பம் (Sectioning post) : அருகில் உள்ள இழுப்பு துணை மின் நிலையங்கள், வெவ்வேறு மின் தொடர் உந்திகளிலிருந்து வழங்கப்படுவதால், தலைமிசைக் கருவிக்கான நடுவியல் பிரிவுகள் (Neutral sections) தேவைப்படுகின்றன. இந்த நடுவியல் பிரிவுகள், இரு மின்னூட்டக் கம்பங்களுக்கு நடுவில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இப்படிப் பொருத்துவதன் மூலம் இரு துணை மின்நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள மின் தொடரினைப் பிரிக்க முடிகிறது. செங்கற்பட்டில் உள்ள நடுவியல் பிரிவு, கடப்பேரி துணை மின் நிலையத்திலிருந்து வழங்கும் மின் தொடரினையும், அச்சிறுப்பாக்கத் துணை மின் நிலையத்திலிருந்து வழங்கும் மின் தொடரினையும் பிரிக்கிறது. இந்த நடுவியல் பிரிவு மின்காப்பு பிரிவு (section insulator) வகையாகும். மயிலத்தில் உள்ள நடுவியல் பிரிவு, அச்சிறுப்பாக்கத் துணை மின் நிலையத்தி லிருந்து வரும் மின் தொடரினையும் பிரிக்கிறது. இது மேற் சென்று கவிழ்ப்பும் வகையினைச் (overlap type) சேர்ந்தது. ஒரு சமனி இடைத் தடுப்பிப் பிரிப்பி (bridging interrupter) ஒவ்வொரு பிரிவுக் கம்பத்திலும் உள்ளது. நெருக்கடி காலத்தில், அதாவது ஏதேனும் ஒரு துணை மின் நிலையம் பழுது பட்டால், சமனி-இடைத் தடுப்பிப் பிரிப்பினைக் கொண்டு, ஒரு மின்னூட்டக் கம்பத்தி லிருந்து தொடர்ச்சியாகப் பிரிவுக் கம்பத்திற்கு அப்பாலும் மின் திறன் வழங்கலாம். சாதாரணமாக இந்தச் சமனி-இடைத் தடுப்புப் பிரிப்பு திறந்த நிலையிலேயே இருக்கும்.

(iii) துணைப் பிரிவுக் கம்பம் (Sub sectioning post) : இக் கம்பங்கள், மின்னூட்டக் கம்பங்களுக்கும் பிரிவுக் கம்பங்களுக்கு மிடையே பொருத்தப்படும். இதன்மூலம் ஒவ்வொரு மின்னூட்டத் தொடர்ப்பகுதியினைத் தேவையான நீளத்திற்கு உட்பிரிவு செய்து கொள்ளலாம். இந்த அமைப்பு இயக்கத்திற்கு எளிதாக இருக்கும்.

(iv) துணைப்பிரிவும், இணை நிலைக்கம்பங்களும் (Subsectioning and paralleling post S.S.P.P.) : இந்த மின்திறன் கட்டுப்பாட்டுக் கம்பங்கள் (suply control posts), பல இருப்புப்பாதை கொண்ட புறநகர்ப் பகுதிகளுக்குப் (multiple track suburban section) பயன் படுத்தப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக சென்னை கடற்கரை நிலையத்திற்கும், தாம்பரத்தில் உள்ள மின்னூட்டக் கம்பத்திற்கும் இடையே ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இருப்புப்பாதை உள்ளன. இந்த வகைக் கம்பங்களின் மூலம், தலைமிசைக் கருவியமைப்பினைப் பிரிப்பதற்கும் (sectioning), தலைமிசைக் கருவி அமைப்புகளை இணை நிலைப்படுத்துவதற்கும் முடிகிறது.

இழுப்பு துணைமின் நிலையங்களும், இணைப்பி நிலையங்களும் (switching station) இயல்பாகவே பராமரிப்பற்ற (unattended) நிலையங்களாகும். இந்த வகை நிலையங்களில் உள்ள கருவிகள் எழும்பூரில் உள்ள தொலைவுக் கட்டுப்பாட்டமைப்பின் (remote control) மூலம் இயக்குவிக்கப்படுகின்றன.

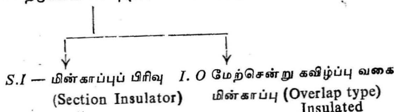
(v) தொடக்கப் பிரிவு (Elementary section) : துணைப்பிரிவுக் கம்பங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் சுமார் 10 முதல் 15 கிலோ மீட்டர் வரை இருக்கும். தலைமிசைக் கருவிகளில் உண்டாகும் பிழைகளை (faults) உடனடியாகக் களைவதற்கும், பராமரிப்பு வேலையினைச் சரிவரச் செய்வதற்கும் எளிதாக இருக்கும் பொருட்டு துணைப்பிரிவு இடைவெளியினை மீட்டும் பாகுபடுத்தி, தொடக்கப் பிரிவுகளை அமைத்துள்ளனர்.



படம் 2-53.
மின் தருவிக் கட்டுப்பாட்டுக் கம்பங்கள்

UVR — மின்னழுத்தமிலாததனை உணரும் உணர்த்தியுடன் கூடிய இடைதடுத்துப் பிரிப்பி (Interruptor with no volt relay)

N. S — நடுவியல் பிரிவு (Neutral Section)



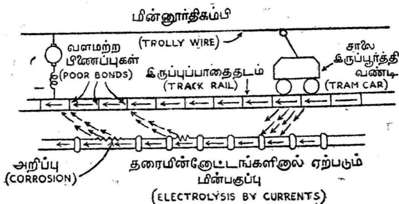
I. S — தனிப்படுத்திப் பிரிப்பி (Isolator)
INT — இடைத்தடுத்துப் பிரிப்பி (Interruptor)
L. A — மின்னல் கடத்தி (Lightning arrester)
E. S — தொடக்கப் பிரிவு (Elementary Section)
F. P — மின்னூட்டக் கம்பம் (Feeding post)
S.S.P— துணைப்பிரிவுக் கம்பமும், இணைநிலைக் கம்பமும் (Subsectioning and paralleling post)
S. P — பிரிவுக் கம்பமும், இணைநிலைக் கம்பமும் (Sectioning post and paralleling post)

2-12. எதிர் நிரப்பிகள் (Negative Boosters)

இருப்புப் பாதையினை, மின்னோட்டம் திரும்பி செல்வதற்காகப் பயன்படுத்தினால், திரும்பிச் செல்லும் அத்தகைய மின்னோட்டங்கள், இருப்புப் பாதை, தரை ஆகியவற்றின் மூலம் செல்லுகின்றன. இந்த மின்னோட்டங்கள் தரைப் பகுதியில் பரவி விரவிச் செல்வதால், நீர்க் குழாய்கள், வாயுத் தலைகள் (gas mains), மின்வடப் புறணிகள் (cable sheaths) போன்ற தாழ் – மின்தடை கொண்ட பாதைகள் (low resistance paths) வழியாகச் செல்கின்றன. இந்த மின்னோட்டங்கள் அப்படிப்பட்ட கடத்திகளின் மூலம் பாய்ந்து வெளிவருகின்றன. அப்படி வெளிவரும் பகுதிகளில், குழாய்களின் உலோகத் துகள்களை எடுத்துக்கொண்டு அவற்றை மின் பகுப்புக்கு ஆளாக்கி, துருப்பிடிக்கச் செய்கிறது இத் தன்மையான விளைவுகளைக் குறைக்கும் பொருட்டுக் கீழ்க்கண்ட முறைகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன :

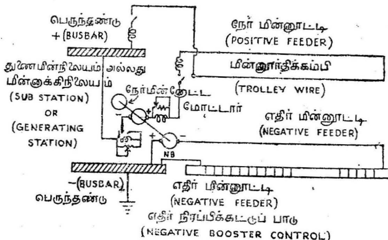
(1) மிகக் குறைந்த மின் தடைப் பாதையினை அமைக்க வேண்டும். இதனை, நல்ல பிணைப்பி (good bonding) னலும் மின் காப்பிடப்பட்ட எதிர் நிரப்பிகளைப் பயன்படுத்தியும் பெறலாம்.

(2) குழாய்களில் மின் காப்பு இணைப்புகளை உட்புகுத்துவதன் மூலம் அவற்றின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தினைத் தடுக்கலாம்.



படம் 2-54.
தரை மின்னோட்டங்களினால் ஏற்படும் மின்பகுப்பு

எதிர் நிரப்பி : இருப்புப்பாதையின் எந்த இரு புள்ளிகளுக்கு மிடையே உள்ள மின்னழுத்த வீழ்ச்சி 7 வோல்ட்டுக்கு மிகையாகா மலிருக்க வேண்டும். இந்த வரம்புக்குள் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி யினைக் கட்டுப்படுத்தும் பொருட்டு படம் 2-55-ல் காட்டியபடி எதிர் நிரப்பிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எதிர்க்குறி பெருந்தண்டு



படம் 2-55.
எதிர் நிரப்பிக் கட்டுப்பாடு

(negative busbar) இருப்புப்பாதையுடன் இணைக்கப்படுகிறது. நேர்க்குறி பெருந்தண்டு மின்னூர்திக் கம்பியுடன் (trolley wire)

இணைக்கப்படுகிறது. இந்த அமைப்பில் இரண்டு நிரப்பிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒன்று நேர்-நிரப்பி (postive booster) இது மின் தொடரின் மின்னழுத்தத்தைக் கூட்டுகிறது. மற்றொன்று எதிர் நிரப்பி, இருப்புப்பாதையின் தேவையான இடத்தில் உள்ள மின்னழுத்த அளவைக் குறைக்கிறது. இரண்டும் பொறி அமைப்பின் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன (mechanically coupled). இவை இரண்டு நேர்மின்னோட்ட மோட்டாரினால் இயக்கப்படுகின்றன. எதிர் நிரப்பி தனிக் கிளர்வினையுடையது (separatey excited) துணை மின் நிலையத்திலிருந்து மின்னூர்திக் கம்பி வழியாகச் சென்றால், மின்னழுத்த வீழ்ச்சி அதிகரித்துக் கொண்டே வருகிறது. ஆனால், மின்னூர்திக் கம்பியின் மின்னழுத்தம் வீழ்ச்சி யடைகிறது. மின்னோட்டம் இருப்புப்பாதை வழியாகத் திரும்பிச் செல்வதால், துணை மின்நிலையங்களிலிருந்து வெகு தூரத்தில் இருக்கும் இடங்களில் மின்னழுத்தம் உயர்ந்த அளவினை அடைகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் எதிர் நிரப்பியின்மூலம் குறைக்கப் படுகிறது.

மின்னூர்திக்கம்பி, நேர் நிரப்பியினால் மின்னூட்டப்படுகிறது. மின்னாக்கி நிலையத்திலிருந்து சுமை வெகுதூரத்தில் இருந்தால், நேர்நிரப்பியில் உள்ள மின்னோட்டம், எதிர் நிரப்பிக்குக் கிளர் வினைக் கொடுக்கிறது. இங்ஙனம் மின்னூர்திக் கம்பியின் மின்னழுத்தம் நிரப்பியின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தினால் குறிப்பிட்ட வரம்புக்குட்படுத்துகிறது. இருப்புப்பாதையில் உள்ள அந்த இடத்தில் உள்ள மின்னழுத்தம் குறைகிறது. ஏனெனில், அதே மின்னூட்டத் தொடரின் மின்னோட்டத்தினால், மின்னழுத் தம் சரி செய்யப்படுகிறது. இங்ஙனம் இருப்புப்பாதையின் தேவை யான இடத்தில் தரை மின்னழுத்தத்தினை உண்டாக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 2-23.

ஒரு டிராம்வே (tramway) யின் ஒரு பகுதி 4 கிமீ நீளமுடையது. இதன் இருப்புப் பாதையின் மின் தடை 0·015 ஓம். இதன் சீருடைப் பகிர்வு மின் சுமையின் (uniformly distributed load) அளவு 100 ஆம்பியர்/கிமீ. இந்த இருப்புப் பாதையின் ஒரு முனை யில் உள்ள தரை மின்னழுத்தம் (earth potential) சுழி மதிப் புடையதென்றால் அந்த இருப்புப் பாதையின் மறு முனையில் ஏற்படும் மின்னழுத்தத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு :

$$\left.\begin{array}{l}\text{ஒரு கிமீ நீள இருப்புப் பாதையில்}\\ \text{பாயும் மின்னோட்டம் } i\end{array}\right\} = 100 \text{ ஆம்பியர்கள்}$$

ஒரு கிமீ நீள இருப்புப் பாதையின் மின் தடை r } = 0·015 ஓம்

இருப்புப் பாதையின் நீளம் l = 4 கிமீ.

∴ இருப்புப் பாதையின் உண்டாகும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி

$$= \frac{i\,r\,l^2}{2} \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

$$= \frac{100 \times 0{\cdot}015 \times 4^2}{2} = 12 \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

∴ ஆகவே இருப்புப் பாதையின் மறு முனையில் உள்ள மின்னழுத்தம் = 12 வோல்ட்டுகள்.

எதிர் நிரப்பியின் மூலம் பெறும் மின்னோட்டம் I ஆம்பியர் எனக் கொண்டால், இருப்புப் பாதையில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி $= \frac{i\,r\,l^2}{2} - I{\cdot}r{\cdot}l = 7$

$$= \frac{100 \times 0{\cdot}015 \times 4^2}{2} - I \times 0{\cdot}015 \times 4 = 7$$

$$I \times 0{\cdot}06 = 12 - 7 = 5$$

$$I = \frac{5}{0{\cdot}06} = 83{\cdot}33 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

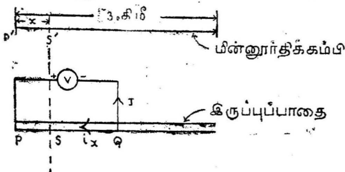
எடுத்துக்காட்டு 2-24.

ஓர் இரயில்வே அமைப்பில், மின்னோட்டம் திரும்பிச் செல்லும் PQR என்னும் இருப்புப் பாதையின் நீளம் 3 செமீ. துணை மின் நிலையம் நிறுவப்பட்டுள்ள P என்னும் இடத்தில், இருப்புப் பாதை தரையிடப்பட்டுள்ளது. இருப்புப் பாதையின் மையப் புள்ளி Q என்னுமிடத்தில் ஏற்படும் மின்னழுத்தத்தினைத் தரை மட்ட அளவுக்கு, எதிர் நிரப்பியினைக் கொண்டு குறைக்கப்படுகிறது. சீருடைப் - பகிர்வு - மின் சுமை (uniformly distributed load) 300 ஆம்பியர்/கிமீ. எதிர் நிரப்பியின் மின் தடை 0·018 ஓம்/கிமீ என்றால், (i) இருப்புப் பாதையின் ஏதேனும் இரு புள்ளிகளுக் கிடையே ஏற்படும் பெரும மின்னழுத்தம் (ii) எதிர் நிரப்பியின்

திட்டவரை அளவு (rating) ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும். இருப்புப் பாதையின் மின்தடை 0·024 ஓம்/கிமீ எனக் கொள்க.

தீர்வு :

படம் 2-56-ல் காட்டியபடி, துணை மின்நிலையம் நிறுவப்பட்டுள்ள P என்னுமிடத்தில் இருப்புப் பாதை தரையிடப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்வோம். P-யிலும் Q-யிலும் மின்னழுத்தம் சுழி மதிப்புடையது.



படம் 2-56.
துணை மின்நிலையம்

P' என்னும் மின்னூட்டுப் புள்ளியிலிருந்து x கிமீ தூரத்தில் உள்ள S' என்னுமிடத்தில் மின்னூர்திக் கம்பி வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம் $300\,(3-x)$. S' என்னும் புள்ளிக்கு நேர் எதிரேயுள்ள இருப்புப் பாதைப் புள்ளி S என்னுமிடத்தில் பாயும் மின்னோட்டம் i_x எனக் கொள்வோம். எதிர் நிரப்பியில் பாயும் மின்னோட்டம் I எனக் கொள்வோமானால், $I + i_x = 300\ (3 - x)$ ஆகும்.

ஆகவே, $ix = 900 - 300\,x - I$

Q என்னும் இடத்திலுள்ள மின்னழுத்தம் தரைமட்டத்திலிருப்பதால், PQ என்னும் பகுதியில் ஏற்படும் மின்னழுத்த

வீழ்ச்சி $= \int_{0}^{x} 0{\cdot}024\, ix\, dx = 0$

$$= \int_0^x 0\cdot024\,(900 - 300n - I)\,dx = 0$$

$$0\cdot024\,[900x - 150x^2 - Ix] = 0$$

$$900x - 150x^2 = Ix$$

அல்லது $I = 900 - 150x$

Q என்னும் புள்ளியில் x-ன் மதிப்பு $1\cdot5$ மீட்டர்

ஆகவே, $I = 900 - 150 \times 1\cdot5 = 675$ ஆம்பியர்.

மின்னோட்டப் பகிர்வு கீழ்க்கண்டவாறு ஏற்படும். R என்னு மிடத்தில் மின்னோட்டம் சுழிமதிப்புடையது. இங்கிருந்து மின்னோட்டம் Q யினை நோக்கி ஒரே சீராக உயர்ந்து Q என்னுமிடத்தில் $350 \times 1\cdot5 = 525$ ஆம்பியர் மதிப்புடையதாயிருக்கும். இந்த இடத்தில் 675 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் எதிர் நிரப்பியினால் எடுத்துக் கொள்ளப்படுவதால், PQ என்ற இருப்புப்பாதைப் பகுதியில் P யிலிருந்து Q ஐ நோக்கிப் பாயும் மின்னோட்டம் $675 - 525 = 150$ ஆம்பியர்.

PQ என்ற இருப்புப்பாதைப் பகுதியில் S என்னுமிடத்தில், மின்னோட்டம் சுழிமதிப்புடையது எனக் கொண்டால் $ix = 0$ ஆகும். $\because\ 900 - 300x - I = Ix = 0$

$$900 - 300x - 675 = 0$$

$$300x = 225$$

$$x = 0\cdot75 \text{ கிமீ.}$$

PRQ என்ற இருப்புப்பாதையில் S அல்லது R என்னுமிடத்தில் மின்னோட்டம் சுழிமதிப்புடையதாயிருப்பதால், அவ்விடங்களில் பெரும மின்னழுத்தம் ஏற்படும்.

ஆகவே, S என்னுமிடத்தில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்

$$= \int_0^{0\cdot75} 0\cdot024\,(300x)\,dx$$

$$= 0{\cdot}024 \times 300\left[\frac{x^2}{2}\right]_0^{0{\cdot}75}$$

$$= 0{\cdot}024 \times 300 \times \frac{0{\cdot}75 \times 0{\cdot}75}{2}$$

$$= 2{\cdot}025 \text{ வோல்ட்டு}$$

எதிர் நிரப்பியினுல் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் E என்ருல்

$$E - 0{\cdot}018\,I = 0$$

$$E = 0{\cdot}018\,I$$

$$= 0{\cdot}018 \times 675 = 12{\cdot}15 \text{ வோல்ட்டு}$$

எதிர் நிரப்பியின் திட்டவரை $= E \times I$

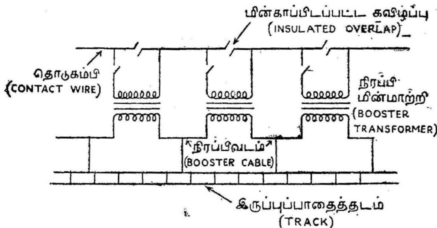
$$= 12{\cdot}15 \times 675 \text{ வாட்கள்}$$

$$= \frac{12{\cdot}15 \times 675}{1000} \text{ கிலோ வாட்கள்}$$

$$= 8{\cdot}2 \text{ கிலோ வாட்கள்}$$

2-13. நிரப்பு மின்மாற்றி (Booster Transformer) : ஓருந்தி மாறு திசை மின்னேட்டத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் இந்த நிரப்பு மின் மாற்றி, நேர்மின்னேட்ட அமைப்பில் பயன்படுத்தப்படும் எதிர் நிரப்பியினைப் போன்றதாகும். நிரப்பி மின்மாற்றியின் சுற்றுகளின் விகிதம் (turns ratio) 1 : 1 ஆக இருக்கும். இந்த மின்மாற்றிகள் படம் 2-57-ல் காட்டியபடி தொடுகம்பிக்கும் (contact wire) இருப்புப் பாதைக்குமிடையே இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்னூர்திக்கம்பியின் (trolley wire) முழு மின்னேட்டமும் நிரப்பி மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருணை வழியாகப் பாயும் வண்ணம் தொடுகம்பிகளுக் கிடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் துணைச்சுருணை இருப்புப் பாதைக்கிடையே இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், தொடுகம்பியில் பாயும் மின்னேட்டத்திற்குச் சம அளவுடைய மின்னேட்டம் துணைச்சுருணையிலும் பாயும். இங்ஙனம், இருப்புப்பாதையில் திருப்பி அனுப்பப்படும் மின்னேட்டம் முழுவதும் துணைச்சுருணை யால் உறிஞ்சப்படுவதால், தரை வழியில் பாயும் எந்தவித மிகை மின்னேட்டமும் இருப்புப்பாதையில் விட்டு வைக்கப்படுவதில்லை. நிரப்பி வடத்தினை (booster cable) தொடு கம்பிக்கு அருகில்

இணையாகச் செல்லும்படி செய்வதன் மூலம், தந்திக் கம்பிகளில், மின்காந்தப் பிணைப்பினால் ஏற்படும் குறுக்கீடுகளைக் குறைக்கலாம்.



படம் 2-57.
நிரப்பு மின்மாற்றி

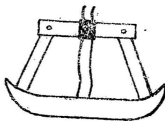
2-14. மின்னோட்டத் திரட்டல் அமைப்பு (Current collection system)

இரயில் வண்டியில் உள்ள மின்கருவிகளுக்கு இருவகை அமைப்புகளின்மூலம் மின்திறன் வழங்கப்படுகிறது. ஒன்று தண்டவாள மின்கடத்தி அமைப்பு (conductor rail system). மற்றொன்று தலைமிசைக் கம்பி அமைப்பு (overhead wire system) இருப்புப்பாதையின் ஒரு தடப்பாதை (track rail) மின்னோட்டம் திரும்பிச் செல்வதற்கும் (return path) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இரும்பு தண்டவாளத்தினையே மின்கடத்தியாகப் பயன்படுத்துவதினால், இந்த அமைப்பின் விலை குறைவாக இருக்கிறது. ஆய்வு (inspection) செய்வதற்கு எளிதாக இருக்கிறது. பராமரிப்புச் செலவும் குறையும். தந்தி தொலைபேசி போன்றவற்றிற்கு எவ்வித இடையூறும் இல்லை. ஆகவே, புறநகர்ப்பணிக்காக, 600 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தில் இயங்கும் இரயில் வண்டிகளுக்கு இத்தகைய அமைப்பு சிறந்தது. 600 வோல்ட்டுக்கு அதிகமான மின்னழுத்தில் இயங்கவல்ல இரயில் வண்டிகளுக்கு, அதிக பாதுகாப்பு தேவைப்படுவதால், தலைமிசைக்கம்பி அமைப்பு முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

தண்டவாள மின்கடத்தி அமைப்பு : 600 வோல்ட்டு அல்லது அதற்கும் குறைந்த மின்னழுத்தமுள்ள நேர்மின்னோட்ட மின்

தருவியினுல் இயங்கும், இரயில் வண்டிகளுக்கு இந்த அமைப்பு பயன்படுகிறது. மின்கடத்தியாக உபயோகிக்கப்படும் தண்டவாளம், ஒரு தனிப்பட்ட எஃகினுல் ஆனது. (இவற்றில் அடங்கிய மூலக்கூறுகளின் அளவு : கரி - 0·05%, மேங்கனீசு—0·2% சல்பர்—0·05% சிலிகான்—0·02%, பாஸ்பரஸ்—0·(5% இரும்பு 99·68%) இப்படிப்பட்ட எஃகின் தன் தடை எண் (resistivity) தாமிரத்தைப் போல் 6·5 மடங்கு இருக்கும். இருப்புப்பாதைக்கு இணையாக அமைக்கப்பட்டுள்ள மின்காப்புகளின்மீது படம் 2-57-ல் காட்டியபடி, இத்தண்டவாள மின்கடத்தி பொருத்தப்படும். மின்தொடர்பு கொள்ளும் பகுதி பெரும்பாலும் மேற்புறத்திலேயே இருக்கும். துணை மின் நிலையங்களிலிருந்து தேவையான இடங்களில் இவைகளுக்கு மின்திறன் அளிக்கப்படும். பக்க-ஓட்ட மின்தொடர்பு (side-rnnning contact) அல்லது கீழ்-ஓட்ட மின்தொடர்பு (under-running contact) என இருவகை மின்தொடர்பு முறைகள் உண்டு. பிந்திய வகையில், மின்தொடர்புப் பகுதி, தூசி, பனி போன்றவற்றினின்று பாதுகாக்கப்படுகிறது.

தண்டவாள மின்கடத்தியிலிருந்து, மின்னேட்டத்தினைத் திரட்டுவதற்குத் திரட்டல் கட்டை (collector shoe) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்தத் திரட்டல் கட்டை சுமார் 20 செமீ × 76 செமீ அளவுள்ள தட்டையான எஃகுத் தகட்டினுல் ஆனது (படம் 2–58). இந்தக் கட்டை, தண்டவாளத்தினை சுமார் 15 கிலோ கிராம் விசையுடன் அழுத்திப் பிடிக்கிறது. இந்த அழுத்தம், மேற்புறந்தில் தொட்டுச் செல்லும் அமைப்பில், புவியீர்ப்பு விசையினுலும், பக்க-ஓட்ட, கீழ் ஓட்ட மின் தொடர்பு அமைப்புகளில், சுருள்வில்லினுலும் பெறப்படுகிறது. ஒரு திரட்டல் கட்டை சுமார் 500 ஆம்பியர் மின்னேட்டத்தினைத் திரட்ட வல்லது. எனினும், இரயில் வண்டியின் இரு பக்கங்களிலும் குறைந்தது இரு திரட்டல் கட்டைகளாவது பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இருப்புப்பாதையின் எந்தப் பக்கத்தில், இந்தத் தண்டவாள மின்கடத்தி இருக்கிறதோ, அதற்கேற்றவாறு, இரயில் வண்டியில் அந்தப் பக்கத்தில் உள்ள திரட்டல் கட்டையைப் பயன்படுத்தலாம்.



படம் 2-58.
திரட்டல் கட்டை

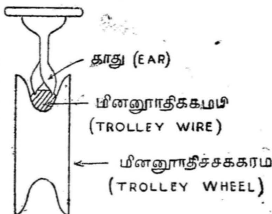
பிணைப்புகள் (Bonds) : தொடர்ச்சியான எஃகுத் தண்டவாளத்தின் மின்தடை சுமார் 0·05 ஓம்/கி.மீ. இரு தண்டவாளத் துண்டுகளுக்கிடையே நல்ல மின்கடத்தும் திறன் கிடைக்கும் பொருட்டு

எளிதில் மின்கடத்த வல்ல உலோகத்தினைப் பயன்படுத்த வேண்டும். மாறாக இரும்பாலான இணைப்புக்கட்டைகளைக் (fish-plates) கொண்டு இணைத்தால் மின்தடையின் அளவு அதிகரிக்கும். தண்டவாள மின்கடத்தியில் கடத்தப்படும் மின்னோட்டம் சுமார் 2000 ஆம்பியர் மதிப்புடையதாயிருந்தால், தண்டவாளத் துண்டுகளை இணைப்பதற்கு, நல்ல மின்கடத்திப் பிணைப்பு அவசியமாகிறது. ஆகவேதான் தாமிரப் பிணைப்பு (copper band) நெளியும் வகை (flexible type) இத்தகைய இணைப்புகளுக்கு உகந்தது. கூடுமான வரை பற்றவைப்பின் மூலம் தண்டவாளத் துண்டுகளைப் பற்ற வைத்து 0·25 கிமீ. நீளமுள்ள தொடர்ச்சியான இரும்புத் தண்டவாளத்தினைப் பயன்படுத்துவது நல்லது.

தலைமிசைக் கம்பி அமைப்பு (Overhead Conductor System) : 600 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்திற்கு மேலான மின்னழுத்தத்தில் இயங்கும் (i) மாறுதிசை மின்னோட்டம் (ii) நேர்மின்னோட்ட இரயில் வண்டிகளுக்கும், நேர்மின்னோட்ட சாலை இருப்பூர்திகளுக்கும் (tramways), மின்னூர்தி வண்டிகளுக்கும் (trolleys) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த அமைப்பில் இருப்புப்பாதையின் தடம் (track rail), மின்னோட்டம் திரும்பிச் செல்லப் பயன்படுகிறது. தலைமிசைக் கம்பியிலிருந்து இரயில் வண்டியின் மேற்கூரைப் பகுதியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். நழுவுறும் தொடுவித் திரட்டல் (sliding contact collector) மூலம் மின்னோட்டம் திரட்டப்படுகிறது. தலைமிசைக்கம்பிக்கும், மின்னோட்டத் திரட்டல் உறுப்புக்கும், நல்ல மின்தொடர்பு இருக்கவேண்டுமானால், தலைமிசைக்கம்பியின் மட்டம், தரைமட்டத்திலிருந்து எல்லா இடங்களிலும் ஒரே அளவான உயரத்தில் இருக்கும்படி அமைக்கப்பட வேண்டும். ஆகவேதான் ஒரு கம்பத்திற்கும், மற்றொரு கம்பத்திற்கும் இடையேயுள்ள இடைத்தூரம் (span) சிறுமமாக இருக்கிறது. இதனால், கம்பியின் இழுவிசையினால் (tension) ஏற்படும் தொய்வும் குறைகிறது.

மின்னோட்டத் திரட்டல் அமைப்பு இரயில் வண்டி உயர்வேகங்களில் செல்லும்பொழுது, தரைமட்டத்திலிருந்து தொடுகம்பிக்கு இடையேயுள்ள உயரமட்டத்தில் வேவ்வேறு இடங்களில் ஏற்படும் சிறு வேறுபாடுகளுக் கேற்றவாறு சரிசெய்து கொள்ளக்கூடிய நெளியுந் தன்மையுடையதாயிருக்க வேண்டும். மேலும் எல்லா வேகங்களிலும், தொடுகம்பியுடன் ஒரே மாதிரியான அழுத்தமுடையதாயிருந்து, தீப்பொறியற்ற மின்னோட்டத் திரட்டல் கிடைக்கும்படி நெகிழ்வுடையதாக இருக்கவேண்டும். மின்னோட்டத் திரட்டல் வகைகள் பின்வருமாறு :

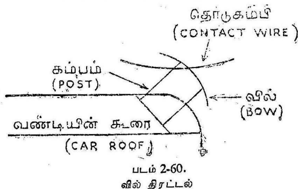
(i) மின்னூர்தித் திரட்டல் (Trolley Collector) : மின்னூர்தி வண்டிகள் (trolley buses), சாலை இருப்பூர்தி வண்டிகள் (tramways) போன்றவைகள் இம் முறையில், சாலை மட்டத்திலிருந்து சுமார் 6·7 மீட்டர் உயரத்தில் தொங்கவிடப்பட்ட தலைமிசைக் கம்பியிலிருந்து மின்திறனைப் பெறுகின்றன. இது கருங்கலத்தினால் (gun metal) செய்யப்பட்ட வரிப்பள்ளச் சக்கரம் (grooved wheel) அல்லது கரி தடவப்பட்ட நழுவல் கட்டையாலானது. இந்த நழுவல்கட்டை அல்லது வரிப்பள்ளச் சக்கரம் நீண்டதும் மெல்லியதுமான மின்னூர்திக் கம்பத்தின் (trolley pole) ஒரு நுனியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இக் கம்பத்தின் மற்றொரு நுனி வண்டிக் கூரையின் மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ள சுழல் மூட்டு (swivelling base) உடன் திருகி இயங்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 2-59.
மின்னூர்தித் திரட்டல்

இக் கம்பம் இங்ஙனம் ஊசலாடும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளதாக, மின்னூர்திக் கம்பி, சாலை இருப்பூர்திப்பாதையின் மையத்தில் துல்லியமாக இருக்கும்படி அமைக்கப்பட வேண்டிய அவசியமில்லை. இம் முறையில் தொடுகம்பியிலிருந்து நல்ல மின்னோட்டத் திரட்டலினைப் பெற, சரியான தொடு-அழுத்தம் (contact pressure) தேவை. வரிப்பள்ளச் சக்கரத்திற்கு 10 கிலோ கிராம் தொடு-அழுத்தமும், நழுவல் கட்டைக்குச் சுமார் 17 கிலோ கிராம் தொடு-அழுத்தமும் தேவைப்படுகிறது. இத்தொடு-அழுத்தம் சுருள் வில்களின் (springs) மூலம் பெறப்படுகிறது. மின்னூர்தி வண்டிகளுக்கு இரு கம்பிகள் தேவைப்படுவதினால், இரண்டு மின்னோட்டத் திரட்டல்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பொதுவாகக் குறைந்த வேகங்களில் (24 முதல் 32 கி.மீ./மணிவரை) செல்லும் வண்டிகளுக்கு இந்த வகை மின்னோட்டத் திரட்டல் அமைப்பு தகுதியானது. வண்டியின் வேகம் இதற்குமேல் அதிகரித்தால், தலைமிசைக்கம்பிப் பிடிப்பிலிருந்து சக்கரம் குதித்தோடி, மின்தொடர்பு அறுபட நேரிடும். வண்டியின் போக்குதிசையினை மாற்றுவதற்கு, இந்த மின்னோட்டத் திரட்டல் அமைப்பினை 180°-க்குச் சுழற்ற வேண்டும்.

(ii) வில்-திரட்டல் (Bow collector): சாலை இருப்பூர்தி வண்டிகளுக்கான மின்னோட்ட திரட்டல் இத்தகைய அமைப்பின் மூலமாகவும் பெறப்படுகிறது. இது 0·6 அல்லது 0·9 மீட்டர் அகலமுடைய வில்வடிவ மெல்லிய உலோகத் துண்டினால் (light metal strip) ஆனது. இந்த வில்-திரட்டல் கம்பி, அலுமினியம், தாமிரம் அல்லது கரி ஆகியவற்றினால் செய்யப்பட்டது. தலைமிசைக் கம்பியில் தேய்மானமிராமல் இருக்கும் பொருட்டு, இந்த வில் திரட்டல் கம்பித்துண்டு மென்மையான உலோகத்தினால் செய்யப்பட்டிருக்கும். தலைமிசைக் கம்பியுடன் தொடர்புற்றிருக்கும்படி, இந்த வில் வடிவத்துண்டினை, வண்டிக் கூரையின்மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு கம்பங்களின் நுனியில் படம் 2-60-ல் காட்டியபடி பதிய வைக்கப்பட்டிருக்கும். வண்டி செல்லும் சாலை இருப்பூர்திப் பாதைக்கு இருமருங்கிலும் தொடு கம்பி பக்கவாட்டில்

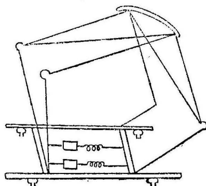


படம் 2-60.
வில் திரட்டல்

இயங்குவதற்கேற்ப (lateral movement) கம்பங்களின் நீளம் போதிய அளவுடையதாயிருக்கும். நல்ல மின்தொடர்புக்குத் தேவையான மேல் நோக்கிச் செல்லும் அழுத்தம் (upward pressure) சுருள் வில்களின் மூலம் பெறப்படுகிறது. தலைமிசைக் கம்பியின் பிடிப்பிலிருந்து, குதித்துச் செல்லாதவாறு இந்த மின்னோட்டத் திரட்டவமைப்பு இருப்பதால், உயர் வேகங்களில் வண்டிகளை ஓட்ட முடிகிறது. எனினும் தலைமிசைக் கம்பி, சாலை இருப்பூர்திப் பாதைக்கு மையத்தில் இருக்கும்படி துல்லியமாக அமைக்கப்படவேண்டும். எனினும், வில் திரட்டல் கம்பித்துண்டின் ஒரே இடத்தில் பட்டும் தேய்மானம் இருப்பதைத் தவிர்க்கும் பொருட்டு, தலைமிசைக் கம்பி, வில் திரட்டல் கம்பித் துண்டின் மையத்திலிருந்து சுமார் 15 செமீ. வலது இடது புறமாக மாறி மாறி ஆட்டங் கொடுக்கும்படி (staggered) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. வண்டி முன்னேக்கிச் செல்வதற்கும் ஏற்றவாறு தனித்தனியான மின்னோட்டத் திரட்டல்கள் உள்ளன.

(iii) பேன்டோ கிராப் (Pantograph) என்னும் ஐங்கோண வடிவக் கம்பிச் சட்டத் திரட்டல்

மின் இழுப்புமுறைப் பணிக்கு உயர் வேகமும் (100 முதல் 125 கி.மீ./மணி வரை), அதிக மின்னோட்டத் திரட்டல் அளவும் (2000 ஆம்பியர் முதல் 3000 ஆம்பியர் வரை) தேவைப்படுகின்றன. இப்படிப்பட்ட பணிக்கு இந்த மின்னோட்டத் திரட்டல் வகை சிறந்தது. ஆனால் வில் திரட்டலின் சடத்துவத்தினால் (inertia) வில் திரட்டல் அமைப்பு இப் பணிக்கு உகந்ததாயில்லை. "பேன்டோ கிராப்" என்னும் கம்பிச் சட்டம் வண்டிக் கூரையின்மேல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தலை மிசைக் கம்பியுடன் தொடர் புற்றிருக்கும் பொருட்டு, சுமார் 1·2 மீட்டர் நீளமுள்ள நழுவல் கட்டை (sliding shoe), கம்பிச் சட்டத்தின்மேல் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. இந்த நழுவல் கட்டை சற்றே மேல்வாட்ட வளைவினையுடையது. இதன் மேற்புறம் தேய்வுறும் மெல்லிய தாமிரத்தகட்டுத் துண்டினால் (copper strip) ஆனது. இத் துண்டுகள் தேய்வுற்று அழிந் தால், மீண்டும் புதுப்பித்துக் கொள்ளலாம். திரட்டல் மின்னோட்ட அளவினைப் பொறுத்து ஒன்று அல்லது இரண்டு நழுவல் கட்டைகள் பயன்படுத்தப்படு கின்றன. தலைமிசைக்கம்பியுடன் நல்ல மின்தொடர்பு பெற போதிய மேல்நோக்கிச் செல்லும் அழுத்தம் (upward pressure) தேவை. ஒற்றை நழுவல் கட்டைக்கு 10 கிலோ கிராமும், இரட்டை நழுவல் கட்டைக்கு 20 கிலோ கிராமும் அளவுள்ள தொடு-அழுத்தம் contact pressure) தேவை. மென்மையாகவும், உயர்விறைப்பு வலிமையுடையதாகவும் இருக்கும் பொருட்டு, இந்தப் பேன்டோ கிராப் எஃகுக் குழாய்களினால் பிணைக்கப்பட்ட ஐங்கோண வடிவக் கம்பிச் சட்டங்களினால் ஆனது. பேன்டா கிராபினைக் கீழ்க்கண்ட முறைகளில் மேல்நோக்கி உயர்த்தவும், கீழே இறக்கவும் செய்ய முடியும் :



படம் 2-61.
பேன்டோ கிராப் (Pantograph)

(i) காற்று ஏற்றம் (air raised) புவியீர்ப்பு இறக்கம் (gravity lowered).

(ii) காற்று ஏற்றம், சுருள்வில் இறக்கம் (spring lowered).

(iii) சுருள்வில் ஏற்றம், காற்று இறக்கம்.

பேன்டோகிராபினை உயர்த்துவதற்குப் பெரும்பாலும் அமுக்கிய காற்றே (compressed air) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இம் முறை மின்னோட்ட அமைப்பினால் கீழ்க்கண்ட நன்மைகள் உண்டாகின்றன.

(i) வண்டிகளை முன்னும் பின்னுமாக இரு திசைகளில் செல்லும்படி இயக்க முடிகிறது.

(ii) தலைமிசைக் கம்பியுடன் இந்த மின்னோட்டத் திரட்டலமைப்பு உயர்வேகங்களிலும் மின்தொடர்பு கொண்டிருக்கும், மற்ற அமைப்பைப்போல் குதித்தோடி தொடர்பறுந்துவிடும் நிலைமை ஏற்படுவதில்லை.

(iii) வரிப்பள்ளம் கொண்ட மின்னோட்டத் திரட்டல் அமைப்பு, இந்த வகை அமைப்பில் இல்லையாதலால், தலைமிசைக் கருவியினை எளிதாக அமைக்க முடிகிறது.

(iv) வண்டி ஓட்டுபவரின் அறையிலிருந்து இந்த வகைத் திரட்டல் அமைப்பினை, எளிய முறையில் உயர்த்தியும் இறக்கியும் கட்டுப்படுத்த முடிகிறது.

தலைமிசைக் கருவிகளின் அமைப்பு :

சாலை இருப்பூர்திகள் : மின்னூர்தி வண்டிகள்:

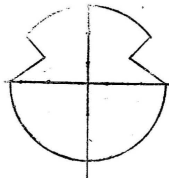
சாலை இருப்பூர்தி, மின்னூர்தி போன்ற பணிகளுக்கு அமைக்கப்படும் தலைமிசைக் கருவிகள் கீழ்க்கண்ட ஒழுங்குமுறை விதிகளுக்குட்பட்டிருக்க வேண்டும் :

(i) சாலை மேற்பரப்பிலிருந்து, மின்னூர்திக் கம்பியின் உயரம் 5·18 மீட்டருக்கு மேற்பட்டிருக்க வேண்டும்.

(ii) இரு கம்பங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 36·576 மீட்டருக்கு மிகையாகாமல் இருக்கவேண்டும்.

(iii) ஒவ்வொரு மின்னூர்திக் கம்பியும் பல பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டும், அப்படிப் பிரிக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு பிரிவின் நீளம் 0·8 கி. மீட்டருக்கு மிகையாகாமலும் இருக்கவேண்டும். இரு பிரிவுகள் கொண்ட ஒவ்வொரு சுற்றதருக்கும் ஒரு நெருக்கடி இணைப்பி (emergency switch) இணைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

மின்னூர்திக் கம்பிகள், குளிர்ந்திருக்கும்போதே இழுக்கப்பட்ட தாமிரம் (hard drawn copper), கேட்மியத் தாமிரம் (cadmium copper) அல்லது சிலிகோ-வெண்கலம் (silico-bronze) போன்ற உலோகக் கலவையினால் ஆனவை. இந்தக் கம்பியின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு படம் 2-62-ல் காட்டியபடி வரிப்பள்ள வடிவம் கொண்டது. இதனுடைய பரப்பு 80 சதுர கி.மீட்டர். சாலையின் இரு மருங்கிலும் கம்பங்கள் ஒன்றையொன்று எதிர் நோக்கிய வண்ணம் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இங்ஙனம் எதிரிடையாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இரு கம்பங்களுக்கிடையே குறுக்குவாட்ட இடைத்தூரக்கம்பி (transverse span wire) பற்றி-இழுத்துக் காட்டப்பட்டிருக்கும். இக் கம்பி துத்தநாகப் பூச்சிடப்பட்ட எஃகினால் ஆனது. மின்னூர்திக் கம்பிகளைத் தாங்கிப் பிடிக்க இந்தக் குறுக்குவாட்ட இடைத்தூரக் கம்பி உதவுகிறது. இது கருங்கலக்காது (gun metal ear) உடன் திருகிடப்பட்டுள்ள எஃகு மரையாணி மூலம் மின்னூர்திக் கம்பியுடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும். இடைத்தூரக் கம்பியுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் தொங்கிகளுடன் (hangers) இந்த மரையாணி இறுதியாய்ப் பிடிக்கப்பட்டிருக்கும். கம்பங்களுக்கும் இடைத்தூரக்கம்பி (span wire) களுக்கிடையே மின்காப்பிடப்பட்டுள்ளது. மரையாணிக்கும் தொங்கிகளுக்குமிடையே போதுமான மின்காப்பு உண்டு.



படம் 2-62.
மின்னூர்திக் கம்பியின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு

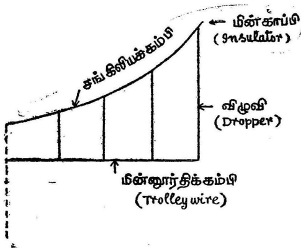
நேரான இருப்பூர்திப் பாதையில், இடைத்தூரக்கம்பியின் உயரம், மின்னூர்திக் கம்பிகளின் உயரத்திலும்விட அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் வளைவுகளில், தொங்கிகளைத் தாங்கிக்கொண்டிருக்கும் இடைத்தூரக் கம்பியின் உயரமும், மின்னூர்திக்கம்பியின் உயரமும் ஒரே மட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, வளைவுகளில் இழுப்புத் தொங்கிகள் (pull off's) என வழங்கப்படும் தனிச் சிறப்பு வாய்ந்த தொங்கிகள் பயன்படுத்தப்படும். இந்த வகை மின்வசதி அமைப்புக்கு 'இடைத்தூரக்கம்பி அமைப்பு முறை' (span wire construction) எனப்படும். வளைவுதாங்கி புய அமைப்பு (bracket arm construction) என மற்றொரு வகையுமுண்டு. இந்த வகையில் சாலையின் ஒரு பக்கத்தில்தான் கம்பங்கள் நடப்பட்டிருக்

கும். வளைவுதாங்கிகள் இடைத்தூரக் கம்பியினைத் தாங்கிப் பிடித்திருக்கும்.

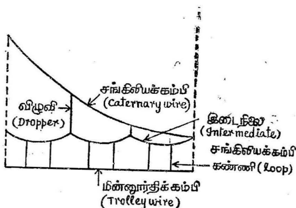
இருப்புப்பாதைப் பணிகளுக்கான மின்னோட்டத் திரட்டல் அமைப்பில் ஐவரைக்கம்பிச் சட்டம் (pantograph) இருப்பதால், தலைமிசைக்கம்பி சிறிதளவு தொய்வுடன்தான் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். குறுகிய இடைத்தூர நீளங்கொண்ட (short span length) கம்பியினைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம், கம்பியின் இழுப்புவிசை சிறுமமாக இருக்கும்படிச் செய்யலாம். அதாவது சங்கிலியக் கம்பி (catenary wire) அல்லது செய்திக்கம்பியின் (messenger wire) மூலம் குறிப்பிட்ட குறுகிய அளவு நீளமுடைய இடைத்தூரங்களில் (3 முதல் 4·5 மீட்டர் வரை) விழுவிகளை (droppers) அமைத்து தலைமிசைக் கம்பியினைப் படங்கள் 2-63, 2-64-ல் காட்டியபடி தாங்கிப் பிடித்திருக்கும்படி அமைக்கவேண்டும். சங்கிலியக்கம்பிக்கும் அதனைத் தாங்கும் கம்பத்திற்குமிடையே மின்காப்பிடப்பட்டிருப்பதால், மின்னூர்திக் கம்பிகளுக்கு மின்காப்பிடப்பட்ட தொங்கிகள் (hangers) தேவையில்லை.

பொதுவாகச் சங்கிலியக் கம்பி அமைப்பு இரு வகைப்படும்: ஒன்று ஒற்றைச் சங்கிலியம் (single catenary); மற்றொன்று கூட்டுச் சங்கிலியம் (compound catenary). ஒற்றைச் சங்கிலிய வகையில் 7 அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட முறுக்கிழைகளினால் (strands) ஆன எஃகுக் கம்பி அல்லது கேட்மியத் தாமிரக் கம்பி குளிர்ந்திருக்கும்போதே இழுக்கப்பட்ட தாமிர மின்னூர்திக் கம்பியினை விழுவிகளின் மூலம் தாங்கிப் பிடிக்கப்பட்டிருக்கும். மின்னூர்திக் கம்பிக்கு நடுவில் இந்த விழுவிகள் சமமான இடைவெளித் தூரத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த அமைப்பில் படம் 2-63-ல் காட்டியபடி இரு கம்பங்களுக்கு இடையேயுள்ள இடைத்தூரம் 45 மீட்டர் முதல் 90 மீட்டர் வரை இருக்கும். அதன் தொய்வு 1 மீட்டர் முதல் 2 மீட்டர் வரை இருக்கும். விழுவிகளுக்கு இடையேயுள்ள இடைத்தூரம் 3 மீட்டர் முதல் 5 மீட்டர் வரை இருக்கும். வளைவான இருப்புப் பாதைகளில் குறுகிய நீளமுடைய இடைத் தூரங்கள் பயன்படுத்தப்படும். இப்படிப்பட்ட வளைவான இடங்களில் மின்னூர்திக் கம்பி இழுப்புக் கம்பிகளால் (pull of wires) பற்றி இழுத்துப் பிடிக்கப்பட்டிருக்கும். தொடுகம்பி (contact wire) இயல்பான உயரம் 5·65 மீட்டராக இருக்கும். சிறும உயரம் 4·02 மீட்டர் போக்கு வரவு அடர்த்தி (traffic density) குறைவாயுள்ள இடங்களில் ஒற்றைச் சங்கிலிய அமைப்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது. போக்குவரவு

அடர்த்தி அதிகமாக உள்ள இடங்களில் கூட்டுச் சங்கிலிய அமைப்பு முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த அமைப்பில் செங்குத்துத் தளத்தில் (vertical plane) பொருத்தப்பட்ட மூன்று கம்பிகள் உள்ளன. படம் 2-64-ல் காட்டியபடி மேலே உள்ளது



படம் 2-63.
ஒற்றைச்சங்கிலிய அமைப்பு



படம் 2-64.
கூட்டுச் சங்கிலிய அமைப்பு

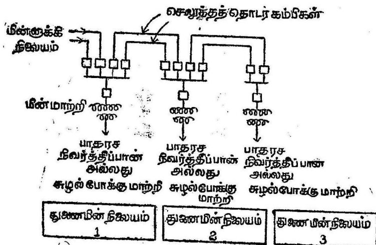
சங்கிலியக் கம்பி. நடுவிலுள்ளது இடைநிலைச் சங்கிலிக் கம்பி (Intermediate catenary). கீழே இருப்பது மின்னூர்திக் கம்பி அல்லது தொடு கம்பி, மேலேயுள்ள சங்கிலியக் கம்பிக்கும் ஆதாரக்

கம்பத்திற்குமிடையே மின்காப்பிடப்பட்டுள்ளது. இடைநிலைச் சங்கிலியக் கம்பி மேலும் கீழுமாக அமைக்கப்பட்டுள்ள விழுவிகளின் மூலம் தாங்கிப் பிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்னூர்திக் கம்பி, தானாகவே இயங்கி இறுகும் அமைப்பின் (automatic tightening gear) மூலம், நிலையான இழுவிசையுடன் நிலை நிறுத்தப்படுகிறது தொடு கம்பி, சங்கிலியக் கம்பிகள் ஆகியவை தொடர்ந்திராமல் பல பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு பிரிவும் ஆதாரக் கம்பத்துடன் நிலை நிறுத்தப்படுகிறது.

மின்னூர்திக் கம்பியின் தொய்வினையும் இழு விசையினையும் கணக்கிடல் :

2-15. துணை மின்நிலையங்களுக்கு மின்னூட்டமளிக்கும் செலுத்தத் தொடர்கம்பிகள் (Transmission lines to feed substations)

இருப்புப்பாதை வழியாக சில துணை மின் நிலையங்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தத் துணை மின் நிலையங்களுக்கு மின்னூட்ட

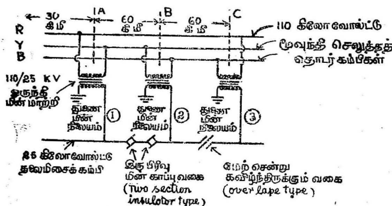


படம் 2-65.
செலுத்தல் மின்தொடர்கம்பிகள்

மளிக்கும் பொருட்டு இரண்டு செலுத்தத் தொடர்கம்பிகள் (transmission lines) இருப்புப்பாதைக்கு இணையாக அமைக்கப்படும். இரு வித கம்பிகளின் வழியாகவும் மின்னோட்டம் பாய்ந்து, துணை மின் நிலையங்களுக்கு மின்னூட்டம் அளிக்கிறது. இரு கம்பிகளில் ஏதேனும் ஒரு கம்பி பழுதுபட்டால், மறு கம்பியின்

வழியாக மின்னூட்டம் வழங்கப்பட்டு, இரயில்வேப் பணிகளுக்கு எவ்வித தடையுமில்லாமல் தொடர்ந்து மின்திறன் அளிக்க முடிகிறது. இக் காரணத்தினால்தான் இரு செலுத்தல் மின்தொடர் கம்பிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. இயல்பான நிலையில் இரு கம்பிகளிலும் மின்னோட்டம் செல்வதால், மொத்த மின்னோட்டத்தில் பாதி அளவே ஒவ்வொரு கம்பியிலும் பாயும். ஏதேனும ஒரு கம்பியில் பழுது ஏற்பட்டால், மற்றொரு கம்பியில் முழு மின்னோட்டம் பாயும். ஆகவே ஒவ்வொரு கம்பியின் குறுக்களவும் இந்தப் பெரும மின்னோட்ட அளவினைத் தாங்கும்படி இருக்கவேண்டும். படம் 2-65 இந்த அமைப்பு முறையினை விளக்குகிறது.

சிற்சில சமயங்களில் மின்வாரிய அமைப்பில் உள்ள வலை-துணை மின்நிலையங்களிலிருந்து (grid substations), மிகை உயர் மின்னழுத்தம் (extra high tension) கொண்ட மின்தருவி கிடைக்குமானால், மின்முறை இழுப்புப் பணிக்குத் தேவையான சங்கிலிய மின்னழுத்தம் (catenary votalge) தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி மூலம் பெறலாம். எடுத்துக்காட்டாக மூவுந்தி (three phase) 110 கிலோ வோல்ட் மின்னழுத்தத்திலிருந்து 25 கிலோ வோல்ட்டு ஓருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்டத்தினைப் பெற்று மூன்று துணை-மின் நிலையங்களுக்கு எப்படி வழங்கப்படுகிறது என்பது படம் 2-66-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 2-66.
மூன்று துணை மின்நிலையங்கள்

மூன்று துணை மின்நிலையங்கள் சுமார் 60 கி.மீ. இடைவெளியில் ஆரம்பப் பகுதியிலிருந்து முறையே 30 கி. மீ , 150 கி. மீ. தூரத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஓருந்திச் சுமையினை சமநிலை

யில் தொணரும் பொருட்டு, வெவ்வேறு உந்திகளில் இத் துணை மின் நிலையங்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. முதல் துணை மின் நிலையம் சிவப்பு-மஞ்சள் உந்திகளுக்கு இடையிலும், மூன்றுவது துணைமின் நிலையம் நீலம்-சிவப்பு உந்திகளுக்கு இடையிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இங்ஙனம் அருகில் உள்ள மூன்று துணை மின் நிலையங்கள் வெவ்வேறு உந்திகளில் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், ஒவ்வொரு துணைமின் நிலையத்தில் கிடைக்கும் சங்கிலிய மின்னழுத்தமாகிய 25 கிலோ வோல்ட்டு மின்தொடர்க் கம்பி தனித்தே இயங்கவேண்டும். இந்த 25 கிலோ வோல்ட்டு மின்தொடரினைப் பிரிக்கும் பொருட்டு, துணைமின் நிலையங்கள் 1-க்கும் 2-க்குமிடையில் இரு பிரிவு மின்காப்பு வகை (two section insulator type) நடுநிலைப் பிரிவு (neutral section) உள்ளது. இந்த அமைப்பு நான்கு கோச்சுகள் (coaches) கொண்ட இரட்டை யூனிட்டு (double unit) இயக்கத்திற்கு உகந்தது. அதேபோல் துணைமின் நிலையங்கள் 2-க்கும் 3-க்குமிடையே மேற்சென்று கவிந்திருக்கும் வகை (overlap type) நடுநிலைப் பிரிவு உள்ளது. இந்த அமைப்பு இரட்டைத்தலை கொண்ட இரயில் வண்டிகள் (double headed trains) இயங்க உதவும்.

2-16. இழுப்புப் பணிக்கான துணை மின் நிலையங்கள் (Substations for traction)

இழுப்புப் பணிக்குத் தேவைப்படும் மின்னாற்றலினைத் துணை மின் நிலையங்களிலிருந்து மிகுந்த திறமையுடன் கட்டுப்படுத்தலாம். ஒருந்தி மின்வசதி அமைத்தலிலும், மின்னழுத்த வீழ்ச்சி குறிப்பிட்ட வரம்புகளுக்குள் இருப்பதற்காகத் துணைமின் நிலையங்கள் தேவைப்படுகின்றன. அப்படிப்பட்ட துணை மின் நிலையங்கள், மின் தருவி அமைப்பின் இயல்பு மின்வசதி அமைத்தலின் வகை ஆகியவற்றினைப் பொறுத்திருக்கும். இயல்பான அலைவெண்ணில் இயங்கும் ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பில் உள்ள துணை மின் நிலையங்கள், பகிர்வுத் துணை மின் நிலையங்களைப்போல் (distribution substations) இருக்கும். ஆனால் நேர்மின்னோட்ட வகை அல்லது குறைந்த அலைவெண்ணில் இயங்கும் ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட வகை துணை மின் நிலையங்களில் தனிப்பட்ட சாதனங்களும் தேவைப்படும். அப்படிப்பட்ட துணை மின் நிலையங்களைப் பற்றிப் பார்ப்போம்.

(அ) நேர்மின்னோட்ட துணை மின்நிலையம்: இத் துணை மின் நிலையங்களுக்குத் தேவையான சாதனங்கள் மின்மாற்றி, பாதரச

வில் நிவர்த்திப்பான், சுழல் அல்லது ஒத்தியங்கு போக்கு மாற்றி (rotory or synchronous converter) பாதுகாக்க உதவும் கருவிகள், அளத்தல் கருவிகள் போன்றவை. பயன்படுத்தப்படும் மின் மாற்றி ஒரு தாழ்வடுக்கு வகை. இது உயர்மின்னழுத்தத்தைத் தேவையான அளவுக்குக் குறைத்து, நிவர்த்திப்பான் (rectifier) அல்லது போக்கு மாற்றி (converter) மூலம் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தினை நேர்மின்னோட்டமாக்கி இழுப்புப் பணிக்குத் தேவைப்படும் மின்னழுத்த அளவில் மின்னோட்டம் செலுத்துகிறது.

(ஆ) குறைந்த அலைவெண்ணில் இயங்கும் ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்டத் துணை மின்நிலையங்கள் : இதில் மேற்கொள்ளப்படும் குறைந்த அலைவெண்ணின் அளவு $16\frac{2}{3}$ சுற்றுகள்/விநாடி ஆகும். இத் துணை மின்நிலையங்களை வந்தடையும் கம்பி மின்னழுத்தம் 66 கிலோ வோல்ட்டு அல்லது 110 கிலோ வோல்ட்டு; அதன் அலைவெண் 50 சுற்றுகள்/விநாடி. ஆகவே, இந்தத் துணை மின் நிலையங்கள், வந்தடையும் உயர் மின்னழுத்த அளவினைத் தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றிமூலம் குறைத்து, அலைவெண் போக்கு மாற்றியினைப் பயன்படுத்தி, அலைவெண்ணை 50 லிருந்து $16\frac{2}{3}$ சுற்றுகள்/விநாடிக்குக் குறைக்கவேண்டும். இத்துடன் இணைப்புப் பல்லிணை அமைப்பு (switch gears) பாதுகாப்புக் கருவிகள், அளக்கும் கருவிகள் போன்றவற்றினையும் அமைக்கவேண்டும்.

(இ) இயல்பான அலைவெண் கொண்ட ஒருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்டத் துணை மின்நிலையங்கள் : மின்முறை இழுப்புப் பணிக்காகப் பயன்படுத்தப்படும் மாறுதிசை மின்னோட்ட 625 கிலோ வோல்ட்டு, ஒருந்தி 50 சுற்றுகள்/விநாடி அலைவெண் கொண்ட மின்திறன், 110 கிலோ வோல்ட்டு மின்னழுத்தச் செலுத்தத் தொடர் கம்பிகளிலிருந்து பெறுவதற்குத் தேவைப்படும் வெவ்வேறுசாதனங்களைப் படம் 2-67 மூலம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

2-16-1. மின்னூட்டமும் மின்பகிர்வு முறைகளும் (Feeding and Distributing system)

மின்முறை இழுப்புப் பணிக்காக மின்வசதி அமைக்க, மின் வலையமைவு (network) பல சுற்றதர்களாகப் பிரிக்கப்படும். ஒவ்வொரு சுற்றதருக்கும் மின்பகிர்வுகளின் (distributors) மூலம் மின்னூட்டப்படும். இந்த மின்பகிர்வுகளுக்குத் தகுந்த இடங்களிலிருந்து மின்னூட்டம் கொடுக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய இடங்களை ''மின்னூட்டும் இடங்கள்'' (feeding points) என்பர் துணை மின்நிலையங்களிலிருந்து இந்த மின்னூட்ட இடங்களுக்கு

வழங்கும் மின் வடங்களை (cables) மின்-ஊட்டிகள் (feeders) எனப் படும். மின்னூட்டிகளின் முக்கிய வேலை என்னவென்றால், மின் னூட்டும் இடங்களில் நிலையான மின்னழுத்தம் இருக்கும்படி

படம் 2.67.
மின்முறை இழுப்புப் பணிக்கான துணை மின்நிலையம்

செய்வதே. ஆனால் மின்பகிர்வுகளின் வேலை என்னவென்றால் சுற்றதர் முழுவதும் நிலையான மின்னழுத்தத்தை நிலை நிறுத்து

வதேயாகும். வீணுகும் மின்னிழப்புகளினுல் ஏற்படும் செலவு, மின்னூட்டி வடங்களின் விலையில் கிடைக்கும் வட்டி, மதிப்பிறக்கம் ஆகியவை அடங்கிய ஓர் ஆண்டுக் கால இயக்கச் செலவு (annual operating cost) சிறுமமாக இருக்கும்படி மின்னூட்டிகளின் வடிவமைக்கப்படும். மின்பகிர்வுகளில் மின்னழுத்த வேறுபாடு அனுமதிக்கப்பட்ட வரம்புகளுக்குள் இருக்கும்படி மின்பகிர்வு உருவ அமைப்பு இருக்க வேண்டும்.

இந்தியாவில் உள்ள இருப்பூர்தி வண்டிகள் (Tramways) கீழ்க்கண்ட ஒழுங்குமுறை விதிகளுக்குட்பட்டிருக்க வேண்டும்.

(i) மின்னூர்திக் கம்பி, துணை மின் நிலையங்கள் ஆகிய இடங்களில் உள்ள மின்னழுத்தம் முறையே 550 வோல்ட்டுக்கும், 650 வோல்ட்டுக்கும் மிகையாகாமல் இருக்க வேண்டும்.

(ii) மின்னூர்திக் கம்பிகள் பல பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட வேண்டும். அப்படிப் பிரிக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு பிரிவின் நீளமும் 0·8 கி. மீட்டருக்கு மிகையாகாமலிருக்க வேண்டும்.

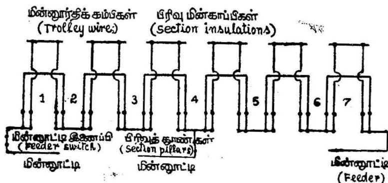
(iii) தண்டவாளப் பாதையில் ஏதேனும் இரு இடங்களுக் கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தி வேறுபாடு 7 வோல்ட்டுக்கு மிகை யாகாமலிருக்கவேண்டும்.

ஆகவே, மின்னூர்திக் கம்பிகளுக்கும் தண்டவாளத் தடத் திற்கும் தனிப்பட்ட மின்னூட்டலமைப்புத் தேவை.

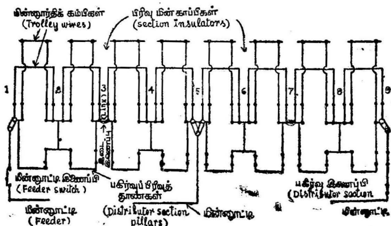
நேர்மின்னோட்ட இரயில்வேப் பணிகளுக்கு, தண்டவாளத் தடத்தினை (track rail) மின்னோட்டம் திரும்பிச் செல்லும் பாதை யாகப் பயன்படுத்திஞல், மின்னழுத்த வேறுபாட்டினுல் வீளையும் தரை மின்னோட்டங்களினுல் தந்திக்கம்பங்களின் சாதனங்கள் பாதிக்கப்படாதவாறு குறிப்பிட்ட வரம்புகளுக்குள் கட்டுப்படுத்த வேண்டும். இரு மின்னூட்ட இடங்களுக்கு இடையேயுள்ள, மின்னூர்திக் கம்பியின் நீளம், (i) தேவையான மின்னோட்டத்தின் அளவு (ii) அனுமதிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (iii) மின் னூர்திக் கம்பியின் பரப்பு, (iv) தன்தடை எண் (specific resistance) ஆகியவற்றினைப் பொறுத்திருக்கும்.

மின்னூர்திக்கம்பிகளுக்கு மின்னூட்டமளிப்பதற்குப் பயன் படுத்தப்படும் முறை (i) சிக்கனம் (ii) போக்குவரத்து அடர்த்தி ஆகியவற்றினைப் பொறுத்திருக்கும். போக்குவரத்து அடர்த்தி மிகுதியாயிருந்தால், துணைமின் நிலையத்திலிருந்து தனிப்பட்ட

மின்னூட்டி 0·8 கி. மீ. நீளமுள்ள ஒவ்வொரு பிரிவுக்கும் தேவை. போக்குவரத்து அடர்த்தி சிறுமமாயிருந்தால், பல 0·8 கிலோ மீட்டர் நீளமுள்ள மின்னூர்திக்கம்பிகளின் பிரிவுகளை ஒன்றாக இணைத்து, ஒரு மின்னூட்டிமூலம் மின்திறன் வழங்கலாம். அப்படிச் செய்தால்தான் சிக்கனமாயிருக்கும். இந்த இரு முறைகளும் படம் 2-68 (அ) விலும், படம் 2-68 (ஆ) விலும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 2-68 (அ)
மின்னூட்டி மூலம் மின்திறன் வழங்குதல் (ஒரு வகை)



படம் 2-68 (ஆ)
மின்னூட்டி மூலம் மின்திறன் வழங்குதல் (மற்றொரு வகை)

ஒருவகை அமைப்பில், மின்னூர்திக் கம்பியினையே ஒரு மின் பகிர்வாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மின்பகிர்வுப் பிரிவில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மின்னூர்திக்கம்பிப் பிரிவுகள் உள்ளன. மற்ற வகையில் அதிக குறுக்கு வெட்டுப்

பரப்பு கொண்ட மின்னூட்டிகளைச் சில இடங்களுக்குக் கொணர்ந்து, அங்கிருந்து வெவ்வேறு தரம் வாய்ந்த பகிர்வு மின் வடங்களின் மூலம், மின்னூர்திக் கம்பியின் பல்வேறு பிரிவுகளுக்கு மின்னோட்டம் பகிர்ந்து அளிக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது முறை மிகவும் சிக்கனமானது. அருகில் உள்ள பிரிவில் மின்னழுத்த மாறுபாடும் குறைவு.

தண்டவாளத் தடத்தின் ஏதேனும் இரு இடங்களுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, தரைமட்டத்தைக் காட்டிலும் 7 வோல்ட்டுக்குள் இருக்கும்படி, எதிர்நிரப்பி (negative booster) பயன்படுத்தப்படுகிறது. சில சமயங்களில் குறைந்த தன்-தடை-எண் கொண்ட எதிர்மின்னூட்டிகளை அதிக அளவில் பயன்படுத்தி, மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் குறிப்பிட்ட வரம்புக்குட்படுத்தலாம்.

2-17 மின்னூர்திக் கம்பியின் தொய்வினையும்-இழுவிசையினையும் கணக்கிடல்

சீருடைய எடையினைக் கொண்ட, மின்கம்பியினை (wire) சம மட்டத்திலுள்ள இரு கம்பங்களுக்கிடையே தொங்கவிட்டால், தொங்கி நிற்கும் மின்கம்பியின் அமைப்பு வளைந்து தொய்வுற்றிருக்கும். இங்ஙனம் தொய்வுற்றிருக்கும் மின்கம்பியின் வடிவம் சங்கிலியம் (catenary)போல் அமைந்திருக்கும். ஆனால், தொய்வின் அளவு கம்பங்களுக்கிடையேயுள்ள குறுகிய இடைநீளத்தில் (span length) 1 அல்லது 1·5 சத வீத அளவுக்குமேல் அனுமதிக்கப்படுவதில்லை. ஆகையால், சங்லிய வளைவினை பரவளைவுக்குச் (parabola) சமமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

பரவளையான மின்கம்பியின் நீளம் $= 2S$

கம்பங்களுக்கிடையே யுள்ள குறுகிய இடைநீளம் $= 2l$

கம்பியின் இழுவிசை $= T$

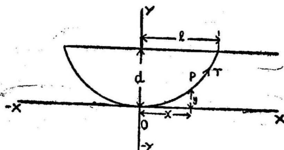
(கம்பியின் இழுவிசை எல்லாப் புள்ளிகளிலும் ஒரே அளவுடையதாகக் கொள்வோம்). ஓரலகு நீள மின்கம்பியின் எடை $= w$.

பரவளைவின் சமன்பாடு $y = \frac{w}{2T}x^2$

சம மட்டத்திலுள்ள இரு கம்பங்களின் நடுவில் பெரும தொய்வு இருக்கும். அதாவது $x = l$ ஆனால், y-ன் மதிப்பு பெரும அளவாகிய "d" க்குச் சமமாகும்.

$$\therefore \text{ தொய்வு } d = \frac{w\,l^2}{2\,T} \qquad \ldots \quad (2\text{-}75)$$

மின் கம்பியின் குறுக்களவுப் பரப்பு "a" எனவும், f என்பது தகைவு எனவும் கொண்டால் $T = fa$.



படம் 2-69.
வளைந்து தொய்வுற்ற மின்கம்பி

$$\therefore\ d = \frac{w}{2 \times fa} \times l^2 = \frac{wl^2}{2fa} \qquad \ldots \quad (2\text{-}76)$$

சமன்பாடு (2-75)-லிருந்து $w = \dfrac{2\,T\,d}{l^2}$

w-ன் மதிப்பினைச் சமன்பாடு (2-75)-ல் ஈடு செய்தால்

$$y = \frac{2\,T\,d}{l^2} \times \frac{x^2}{2\,T} = \frac{dx^2}{l^2} \qquad \ldots \quad (2\text{-}77)$$

$$y = d\,\frac{x^2}{l^2}.$$

வளி அழுத்தம், வெப்ப நிலைமாறுபாடு ஆகியவற்றினால் மின் கம்பியின் நீளத்தில் மாற்றமேற்படுகிறது. ஆகவே, தொய்வு இழு விசை ஆகியவைகளும் மாற்றமடைகின்றன. இங்ஙனம் மின் கம்பியின் நீள அளவில் ஏற்படும் மாற்றத்தின் கோவை (expression) பின்வருமாறு

$$(ds)^2 = (dx)^2 + (dy)^2$$

$$\therefore\ \frac{dy}{dx} = \sqrt{\left(\frac{ds}{dx}\right)^2 - 1} \qquad \ldots \quad (2\text{-}78)$$

$$\left(\frac{ds}{dx}\right)^2 = 1 + \frac{w^2}{T^2}\cdot x^2$$

ஆனால் $y = \frac{w}{2T}x^2$

$$\therefore \quad \frac{dy}{dx} = \frac{w}{T}\cdot x. \qquad \ldots \quad (2\text{-}79)$$

$$\left(\frac{ds}{dx}\right)^2 = \sqrt{1 + \frac{w^2 x^2}{T^2}\cdot dx.}$$

$$\therefore \quad S = \int\sqrt{1 + \frac{w^2 x^2}{T^2}}\, dx.$$

$$S = \int\sqrt{1 + \frac{w^2 x^2}{T^2}}\, dx$$

ஈருறுப்புத் தேற்றத்தினை (binomial theorem) மூலம் விரித்தால்

$$= \int\left(1 + \frac{1}{2}\frac{w^2 x^2}{T^2} - \frac{1\times 3}{2\times 4}\frac{w^2 x^4}{3T^4} + \ldots\right)dx$$

$$= x + \frac{w^2 x^3}{6\,T^2} + \ldots$$

$\therefore \quad x = l$ ஆனால், பாதி இடை நீளக் கம்பியின் நீளம்

$$S = l + \frac{w^2 l^3}{6\,T^2}$$

அல்லது $S = l + \left(\frac{2\,Td}{l^2}\right)^2 \times \frac{l^3}{6\,T^2} \quad \left(\because \quad w = \frac{2\,Td}{l^2}\right)$

$$S = l + \frac{2\,d^2}{3\,l}. \qquad \ldots \quad (2\text{-}80)$$

மின் கம்பியின் எடை w_1-லிருந்து w_2-க்கு மாறுவதாகவும், வெப்ப நிலை θ_1-லிருந்து θ_2-க்கு மாறுவதாகவும் கொண்டால், பரவலானவான மின் கம்பியின் நீளம், $(\theta_2 - \theta_1) \propto S$ அல்லது தோராயமாக $(\theta_2 - \theta_1) \propto l$ அளவுக்கு அதிகரிக்கும். இதில் $\propto$ என்பது விரிவடையும் குணகம். இந்த வெப்ப நிலை மாற்றத்தினாலும், மின் கம்பியின் எடை மாற்றத்தினாலும், அதன் தகைவு f_1-லிருந்து

f_2-க்கு மாறுபடுகிறது. இதனால் கம்பியின் நீளம் $\frac{f_2 - f_1}{E} l$ அளவுக்கு அதிகரிக்கிறது. இதில் E என்பது யங் மீட்சிமை எண் (Young's modulus of elasticity). புதிய நிலையில் மின் கம்பியின் நீளம்

$$S_2 = S_1 + \frac{f_2 - f_1}{E} l + (\theta_2 - \theta_1) \propto l \qquad (2\text{-}81)$$

S_2-யினை d_2-யின் உறுப்பாகவும், S_1 ஐ d_1-ன் உறுப்பாகவும் எழுதினால் $S_2 = l + \frac{2 d_2^2}{3 l}$

$$S_1 = l + \frac{2 d_1^2}{3 l}.$$

$$\because \quad S_2 = S_1 + \frac{f_2 - f_1}{E} l + (\theta_2 - \theta_1) \propto l$$

$$l + \frac{2}{3} \frac{d_2^2}{l} = l + \frac{2}{3} \frac{d_1^2}{l} + \frac{f_2 - f_1}{E} l + (\theta_2 - \theta_1) \propto l \qquad \ldots (2\text{-}82)$$

சமன்பாடு (2-76)-ல் $f = \frac{wl^2}{2 ad}$

$$\therefore \quad f_2 = \frac{w_2 l_2}{2 ad_2} \; f_1 = \frac{w_1 l^2}{2 ad_1}$$

$$l + \frac{2}{3} \frac{d_2^2}{l} = l + \frac{2}{3} \frac{d_1^2}{l} + \frac{l^2}{2 a E} \left(\frac{w_2}{d_2} - \frac{w_1}{d_1} \right) + (\theta_2 - \theta_1) \propto l \quad \ldots (2\text{-}83)$$

அல்லது $\frac{2}{3 l} (d_2^2 - d_1^2) = \frac{l^2}{2 a E} \left(\frac{w_2}{d_2} - \frac{w_1}{d_1} \right) + (\theta_2 - \theta_1) \propto l$

$$\ldots (2\text{-}84)$$

குறிப்பிட்ட நிலைமைகளில் தொய்வு d-ன் மதிப்பினைத் தெரிந்து கொண்டால், வேறொரு நிலைமைகளில் உள்ள கம்பியின் எடை, வெப்பநிலை ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மின் கம்பியின் தொய்வினைக் கணக்கிடலாம். தொய்வின் மதிப்பு தெரிந்தால்

சமன்பாடு 2-75 ஐப் பயன்படுத்தி இழுவிசையினைக் கண்டறியலாம்
$\left(\because \quad T = \frac{wl^2}{2\,d}\right)$.

எடுத்துக்காட்டு 2-25.

50 கிலோ கிராம் எடையுள்ள 100 மிட்டர் மின்னூர்திக் கம்பியினை ஒரு டிராம் வேயுக்கு மின் வசதி அமைக்க இரு-கம்பங்களுக்கிடையே தொங்கவிட வேண்டும். தொங்கி இருக்கும் கம்பியின் தொய்வு 0·6 மீட்டருக்கு மிகையாமலிருக்க வேண்டுமானல், (அ) இரு கம்பங்களுக்கிடையே யுள்ள தூரம் (ஆ) தேவைப்படும் பெரும இழுவிசை ஆகியவற்றினைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

தீர்வு :

மின்னூர்திக் கம்பியின் மொத்த நீளம்

$$2\,S = 2\left[l + \frac{2}{3\,l}d^2\right]$$

$$100 = 2\left[l + \frac{2}{3\,l} \times 0{\cdot}6 \times 0{\cdot}6\right]$$

$$l + \frac{0{\cdot}24}{l} = 50$$

$$l^2 + 0{\cdot}24 = 50\,l = l^2 - 50\,l + 0{\cdot}24 = 0$$

$$l = + \frac{50 \pm \sqrt{50^2 - 4 \times 1 \times 0{\cdot}24}}{2 \times 1}$$

$$= \frac{50 \pm \sqrt{2500 - 0{\cdot}96}}{2 \times 1}$$

$$= \frac{50 + 49{\cdot}994}{2}$$

$= 49{\cdot}997$ மீட்டர்

தொய்வு $d = \frac{w \times l^2}{2\,T}$

$$0{\cdot}6 = \frac{\frac{50}{100} \times (49{\cdot}997)^2}{2{\cdot}T}$$

$T = \frac{0{\cdot}5 \times (49{\cdot}997)^2}{2 \times 0{\cdot}6} = 1041{\cdot}54$ கிலோ கிராம்

2-18. இரயில் வண்டி ஒளியூட்டம்

இந்தியன் இரயில்வேக்களில் இழுவைப்பெட்டி வண்டிகள், (trailer coaches), தன்னிறைவு பெற்ற பெட்டி வண்டிகள் (self contained coaches) என இருவகை உண்டு. முதல் வகைப் பெட்டி வண்டிகளுக்கு ஒளியூட்டம் கொடுக்க, தனிப்பட்ட மின்னாக்கியினைக் கொண்ட உள்ளூர் - இயங்கும் பொறியிலிருந்தோ (locomotive) அல்லது அருகில் உள்ள முழுமை பெற்றுள்ள பெட்டி வண்டிகளிலிருந்தோ (fully equipped coaches) மின்திறனைப் பெறுகிறோம். தன்னிறைவு பெற்ற பெட்டி வண்டியில் உள்ள மின்னாக்கி, வண்டிப்பெட்டி அச்சில் (carriage axle) பொருத்தப்பட்டுள்ள கப்பியின் மூலம் இயக்கப்படுகிறது. வண்டி அசையா நிலையில் நிற்கும்பொழுதும் மின் தருவியினை நிலை நிறுத்த, இந்த மின்னாக்கியுடன் இணைநிலையுடன் இணைப்பதற்கு மின் அடுக்குகள் (batteries) தேவைப்படுகின்றன.

இழுப்பு முறைப்பணியில் மிகுந்த அதிர்வுகள் ஏற்படுவதால், மின்விளக்கின் இழைகள் இந்த அதிர்வுகளைத் தாங்கும் அளவிற்குத் திண்மை வாய்ந்ததாயிருக்கவேண்டும். குறைந்த மின்னழுத்தமாகிய 24 வோல்ட்டினைப் பயன்படுத்துவதின் மூலம், மின் விளக்கின் இழைகளைப் பலம் பொருந்தியதாக அமைக்கலாம்.

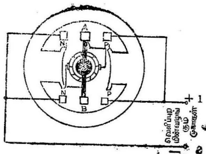
இரயில் வண்டி ஒளியூட்டத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் நேர் மின்னோட்ட மின்னாக்கி, முழுவதும் மூடப் பெற்றதும் (totally enclosed), திண்மையான கட்டுமானமுடையதாகவும் இருக்க வேண்டும். இப்படிச் செய்வதால் சாலையில் உள்ள தூசியும் இரயில் வண்டி ஓட்டத்தினால் ஏற்படும் குலுக்கலும், மின்னாக்கியின் இயக்கத்தினைப் பாதிக்காது. இந்த மின்னாக்கி, மாறுபடும் வேகங்களில் (varying speeds) மாறாநிலையான வெளிப்பாட்டினைத் (constant output) தரவல்லதாயிருக்க வேண்டும். மேலும், இந்த மின்னாக்கி (generator) மின்கல அடுக்குடன் இணைநிலையில் இயக்கப்படுவதால், மின்னாக்கியின் சுழலும் திசை மாறினாலும் இதன் முனைமைகள் (polarity) மாற்றமடையக் கூடாதவாறு இந்த மின்னாக்கியின் அமைப்பு இருக்க வேண்டும்.

2-18-1. ஒற்றைத் திசை முனைமை கிடைக்கும் முறை (Method of obtaining unidirectional polarity)

படம் 2-70-ல் உள்ள மின் தோற்றியில் (dynamo) இருசுடன் உராய்வு இறுக்கத்துடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள அசைந்தாடும் புயம் (rocket arm) உள்ளது. மின்னகம் வலஞ்சுழியில் (clock-

wise) இயக்கப்பட்டால் அசைந்தாடும் புயத்தின் ஒரு முனை (A) நேர்க்குறியாகவும், புயத்தின் மற்றொரு முனை (B) எதிர்க்குறியாகவும் இருக்கும். மேலும் அசைந்தாடும் புயம் உராய்வு இறுக்கத்துடன் (friction tight) இருப்பதால், இது மின்னகச் சுழற்சியின் திசையிலேயே நகரும். ஆகவே புயத்தின் A பிரசு (brush), பிரசு P_1 யையும், புயத்தின் B பிரசு. N என்னும் பிரசினையும் தொடுகின்றன. இதனால் வெளிப்புற மின் வழங்கும் ஈற்று முனை 1 (terminal) நேர்க்குறியாகவும், ஈற்று முனை 2 எதிர்க்குறியாகவும், படம் 2-70-ல் காட்டியபடி இருக்கும்.

மின்னகம் இடஞ்சுழியில் (anticlockwise) இயக்கப்பட்டால், A பிரசு எதிர்க்குறி முனைமையினையும் (Negative polarity) B பிரசு நேர்க்குறி முனைமையினையும் பெறும். இருசு (shaft) இடஞ்சுழியில் சுழற்றப் படுவதால், பிரசு A, N_1 பிரசினையும், பிரசு B, P பிரசினையும் தொடுகின்றன. மீண்டும் வெளிப்புற ஈற்று முனைகளின் முனைமை (polarity) மாருநிலையில் இருக்கிறது. அதாவது ஈற்று முனை 1 நேர்க்குறியாகவும், ஈற்று முனை 2 எதிர்க்குறியாகவும், மின்னகம் எத் திசையில் சுழன்றாலும் மாருமல் நிலைத்திருக்கின்றன.

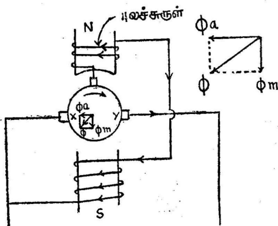


படம் 2-70.
மின்தோற்றி

2-18-2. மாறுபடும் வேகங்களில் மாருநிலையான வெளிப்பாட்டினைப் பெறும் முறை

படம் 2-71ல் காட்டியுள்ளபடி மூன்று பிரசு மின்னாக்கியினை (Three brush generator) இந்த முறைக்குப் பயன் படுத்துவர். இந்த மின்னாக்கியில் உள்ள புலச்சுருள், தலையாய பிரசு X-க்கும், இயல்பான பிரசுகளின் அச்சிற்கும் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள மூன்ருவது பிரசு Z-க்கும் இடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுமை மின்னோட்டம் அதிகமானால் மின்னக எதிர் வினைக் காந்தப் பாய்வு ϕ_a-ன் (armature reaction flux) மதிப்பும் அதிகரிக்கும். இதனால் தலையாய காந்தப் பாயத்தின் (ϕ_m) (main flux) உருக்குலைவு அதிகரித்து, பிரசுகள் X-க்கும்-Z-க்கும் இடையே உண்டாகும் விளைவு - காந்தப் பாய்வு (resultant flux) குறைகிறது. ஆகவே, பிரசுகள் X - Z-க்குமிடையே தோற்றுவிக்கப்படும் மின் இயக்கு விசை குறைந்து புலக்கிளர்வு மின்னோட்டத்தினைக்

குறைக்கிறது. இந்தப் புல மின்னோட்டக் குறைப்பு தலையாய பிரசுகள் X-க்கும் Y-க்கும் இடையே உண்டாகும் மின் இயக்கு விசையினைக் குறைக்கச் செய்கிறது. இந்த அமைப்பின் மூலம்



படம் 2-71.
மூன்று பிரசு மின்னாக்கி

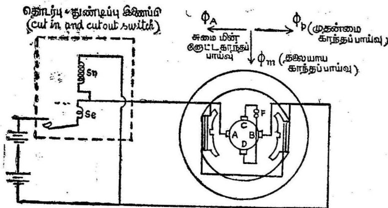
சுமை மின்னோடம் அதிகரித்தால் அச் சுமையின் குறுக்கே தோற்றுவிக்கப்படும் மின்னியக்கு விசை குறைகிறது. இங்ஙனம் மாறுநிலையான வெளிப்பாட்டுத் திறன்கிடைக்கிறது.

2-18-3. ரோசென்பெர்க் மின் தோற்றி (Rosenberg Dynamo)

இரயில் ஒளியூட்டத்திற்குத் தேவையான மேற்குறிப்பிட்ட இரண்டு தேவைகளையும், நான்கு பிரஷ்கள் கொண்ட ரோசென் பெர்க் மின் தோற்றியின் (Rosenberg Dynamo) மூலம் பெறலாம். படம் 2-72-ல் காட்டியது போல், இந்த மின் தோற்றியில் இரு ஜதை பிரசுகள் உள்ளன.

கிளை புலச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம், குறைவான முதன்மை மின் காந்தப் பாய்வினை ϕ_p உண்டாக்குகிறது. இந்தக் காந்தப் பாய்வு பிரசுகள் (brushes) C-க்கும் D-க்கும் இடையே மின்னியக்கு விசையினைத் தோற்றுவிக்கிறது. பிரசு C ஐயும் D ஐயும் குறுக்குச் சுற்றதரில் (short circuit) தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள உருகியின் (fuse) மூலம் மூடப்பட்டுள்ளதால் இந்த சுற்றதரில் மின்னோட்டம் அதிக அளவில் பாய்கிறது. இதனால் தலையாய காந்தப் பாய்வுக்கும் (main flux ϕ_m) முதன்மை காந்தப்

பாய்வுக்கும் (Primary flux ϕ_p°) 90° கோண திசை ஏற்படுகிறது. இந்தத் தலையாய காந்தப்பாய்வு இருக்கும்பொழுது மின்னகச்சுழற்சி (rotation of armature) ஏற்படின் AB என்ற பிரசுகளிக்கிடையே, மின்னியக்கு விசை தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்கு



படம் 2-72.
ரோசென்பெர்க் மின்தோற்றி
(Rosenberg Dynamo)

விசை தொடர்பு-துண்டிப்பு இணைப்பியின் (cut in and cutout switch) மூலம் மின்கல அடுக்குக்கு (battery) மின்னோட்டம் வழங்குகிறது. சுமை மின்னோட்டத்தினால் உண்டான காந்தப் பாய்வு ϕA, முதன்மைப் பாய்வுக்கு எதிர்த்திசையில் உண்டாகிறது. வேக அதிகரிப்பினால் சுமை மின்னோட்டம் அதிகரித்து, காந்த நீக்கப் பாய்வின் (demagnetising flux) அளவினை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. இதனால், விளைவு-காந்தப் பாய்வின் (net-fiux) மதிப்பு ($\phi_p - \phi_a$) குறைந்து, குறைவான மின்னியக்கு விசையினைப் பிரசுகள் C-க்கும் D-க்கும் இடையே உண்டாக்குகிறது. இதனால் தலையாய காந்தப் பாய்வின் (ϕ_m) மதிப்புக் குறைந்து, பிரசுகள் A-க்கும் B-க்கும் இடையே குறைந்த மின்னியக்கு விசையினை உண்டாக்குகிறது. இங்ஙனம் மின்னகத்தின் வேகம் மாறுபட்டாலும், சுமை மின்னோட்டம் தானாகவே சரி செய்து கொள்கிறது. மின்னகச் சுழற்சியின் திசையினை மாற்றினால், முதன்மைக் காந்தப்பாய்வு ϕ_p யினால், பிரசுகள் C-க்கும் D-க்கும் இடையே தோற்றுவிக்கப்படும் மின்னியக்கு விசையின் திசையும் மாறுகிறது. இதனால் தலையாய காந்தப்பாய்வின் (ϕ_m) திசையும் மாறுகிறது. இங்ஙனம் (i) தலையாய காந்தப்பாய்வின் திசை. (ii) மின்னகம் சுழலும் திசை ஆகிய இரண்டும் மாறுவதால், பிரசுகள் A-க்கும் B-க்கும் இடையே

தோற்றுவிக்கப்படும். மின்னியக்கு விசையின் முனைமைகள் மாரு நிலையில் இருக்கின்றன.

ஏதேனும் ஒரு காரணத்தினல், மின்னகம் சுழன்று கொண்டிருக்கும்பொழுது, மின்சுமைச் சுற்றதர் (load circuit) திடீரென்று நீக்கப்பட்டால், காந்தப்பாய்வு ϕ_{B} யின் அளவு சுழிமதிப்பாகும். ஆகவே, முதன்மை காந்தப்பாய்வு ϕ_{D} யின் மதிப்பு மிகவும் அதிகரித்து, பிரசுகள் C-க்கும் D-க்கும் இடையே மிக உயர்ந்த மின் இயக்கு விசையினைத் தோற்றுவிக்கும். பிரசுகள் C ஐயும் D ஐயும் குறுக்குச் சுற்றதரில் (short circuited) இருப்பதால் மிகுந்த வலிமை கொண்ட அபாயகரமான மின்னேட்டம் மின்னகத்தினூடே பாயும். இந் நிகழ்ச்சியின்போது F என்னும் மின்காப்பு எரியிழை (fuse) உருகி, மின்னகம் அழிவுருமல் காக்கப்படுகிறது. இங்ஙனம் ரோசென்பெர்க் மின்தோற்றி இரயில் வண்டி ஒளியூட்ட அமைப்புக்குத் தேவைப்படும் இரண்டு நிபந்தனைகள் அதாவது (i) மின்னகம் எத்திசையில் சுழன்ருலும் மின் தருவியின் முனைமை மாருதிருத்தல் (ii) மாறுபடும் வேகங்களில் மாருநிலையான வெளிப்பாட்டினைப் பெறுதல் ஆகியவற்றினைப் பூர்த்தி செய்கிறது.

2-18-4. இரயில் வண்டி ஒளியூட்ட அமைப்பு

இந்தியன் இரயில்வேக்களில் மேற்கொள்ளப்படும் ஒளியூட்ட அமைப்பு, ஐந்து மின்கம்பி, 24 வோல்ட்டு இரட்டை மின்கல அடுக்குகளின் தொகுப்பினைக் கொண்டது ("five wire, 24 volt double battery block system"). இதனுள் படம் 2-73 ல் காட்டியது போல் கீழ்க்கண்டவைகள் அடங்கியுள்ளன;

(1) ஆறு உட்கூரை (roof) காப்பிடப்பட்ட மின்கம்பிகள். அவைகளாவன : (i) நேர்குறியிட்ட (positive) கம்பி (ii) எதிர்க்குறியிட்ட (negative) கம்பி (iii) மின்தொடர்புடன் இணைக்கும் இணைவுக் (ON) கம்பி (iv) மின்தொடர்பினைக் முறிக்கும் (அல்லது) முறிவுக்கான (OFF) கம்பி (v) மின்விளக்குக்கான கம்பி (vi) விசிறிக்கான கம்பி.

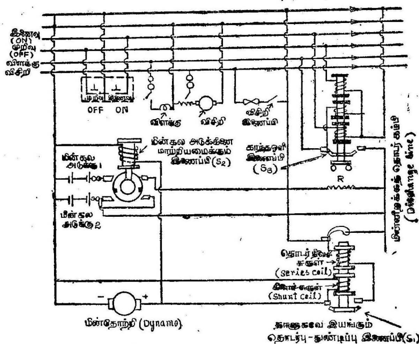
(2) தானகவே இயங்கும் தொடர்பு-துண்டிப்பு இணைப்பி (auto cut in and cutout switch).

(3) மின்கல அடுக்கினை மாற்றி அமைக்கும் இணைப்பி (battery change over switch).

(4) காந்த ஒளி இணைப்பி (magnetic light switch).

(5) இரண்டு மின்கல அடுக்குகளின் தொகுப்பு,

இரட்டை மின்கல அடுக்கு ஒளியூட்ட அமைப்பில் அடங்கியுள்ள வெவ்வேறு உறுப்புகள் (components) வேலை செய்யும் விதத்தைப் பற்றி பார்ப்போம்.



படம் 2-73.

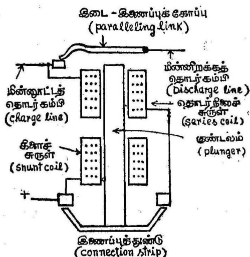
இந்திய இரயில்வேயின் ஒளியூட்ட அமைப்பு

(அ) தானாகவே இயங்கும் தொடர்பு-துண்டிப்பு இணைப்பி (S_1)

இரயில் வண்டியின் வேகம் 20 கி.மீ/மணி அளவுக்குமேல் செல்லும் வரையிலும், தோற்றுவிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த அளவு 28 வோல்ட்டுக்கு மேலே இருக்கும் நிலையினை அடையும் வரையிலும் மின்தோற்றியினை, மின்சுமையுடன் இணைக்கக்கூடாது. இச் சமயத்தில் மின்கல அடுக்குகளின் தொகுப்பு இரண்டும் சேர்ந்து சுமைக்கான மின்திறனை வழங்கும். மின்தோற்றி பின்னூட்டம் (feed back) பெற்று மோட்டாராக இயங்காமல் பாதுகாக்கப்பட வேண்டும். இரயில் வண்டியின் வேகம் 20 கி.மீ/மணி வேகத்திற்கு மேற்பட்டவுடன் மின்தோற்றியினை ஒரு மின்கல அடுக்குடன் இணை நிலையில் இணைத்து, மின்சுமைக்கான திறனை அளிக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். அதே சமயத்தில் மற்ற மின்கல

அடுக்குகளுக்கு மின்னூட்டம் (charge) கொடுக்கும்படி அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இந்த இடைக்காலப் பகுதியிலும் மின்தோற்றிக்குப் பின்னூட்டம் (feedback) அளிக்காமல் பாதுகாக்கப்பட வேண்டும்.

இரயில் வண்டியின் வேகம் 20 கி.மீ/மணியளவினை அடைந்த பிறகும், மின்தோற்றியில் தோற்றுவிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் 28 வோல்ட்டு அளவினை நெருங்கிய பிறகும் தொடர்பு துண்டிப்பு இணைப்பி S_1-ன் கிளைச்சுருள் (shunt coil) மின்வலுப்பெற்று குண்டலத்தை (plunger) மேலே இழுத்துக் கொள்கிறது. இதனால் மின்தோற்றியின் நேர்மின்முனை நேர்க் குறியிட்ட (+) கம்பியுடன் மின்னூட்டத் தொடர்கம்பி S_1-ன் தொடர்நிலைச் சுருள் (series coil) ஆகியவற்றின் வழியாக இணைக்கப்படுகிறது [படம் 2-74 (அ)]. இதே நேரத்தில், இந்த இணைப்பிற்கு இணை நிலையில் பொருத்தப் பட்டுள்ள இடை இணைப்புக் கோப்பு (paralleling link) தூக்கப்படு கிறது. காந்த ஒளி-இணைப்பி முந்தியே மின்வலுப்பெற்று இயக்கம் பெற்றிருப்பதால், இரண்டு மின்கல அடுக்குகளில் ஒன்றினைப் பிரித்து தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்தடை R-ன் வழியாக அதற்கு மின்னூட்டம் அளிக்கப்படுகிறது.



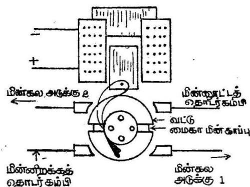
படம் 2-74 (அ).
தானாகவே இயங்கும் தொடர்பு-துண்டிப்பு இணைப்பி

இரயிலின் வேகம் 20 கி.மீ/மணி அளவிற்குக் குறைந்தால், மின் தோற்றியினால் தோற்றுவிக்கப்பட்ட மின் அழுத்தம் குறைந்து, மின்கல அடுக்குகள் மின்தோற்றிக்கு மின்னூட்டமளிக்க முயல்

கிறது. இந்த நிலையில் S_1-ன் கிளைச்சுருளின் பிடிப்புத்திறன் (holding power) குறைவதுடன், S_1-ன் தொடர்நிலைச் சுருளில் மின்னோட்டம் எதிர்த்திசையில் பாய்கிறது. இதனால் கிளைச் சுருளின் மின்வலிமை குன்றி, குண்டலம் கீழே விழுந்து, மின் தோற்றியினைச் சுற்றதரிலிருந்து பிரிக்கிறது. இடை இணைப்புக் கோப்பும் கீழே விழுந்து இரண்டு மின்கல அடுக்குகளையும் இணை நிலையில் இணைத்து சுமைக்கான மின்திறனை வழங்குகிறது.

(ஆ) மின்கல அடுக்கினை மாற்றியமைக்கும் இணைப்பி (S_2)

இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலையில் இருக்கும்பொழுது மின்கல அடுக்குகளின் தொகுப்புகள் இரண்டும் இணை நிலையில் இணைக்கப் பட்டு மின்சுமைக்கான மீள்திறனை வழங்குகிறது. இரயிலின் வேகம் 20 கி.மீ/மணி அளவுக்குமேல் போனால், மின்கல அடுக்குகளில் ஒன்று மின்தோற்றியுடன் இணை நிலையிலும், மற்றொன்று மின்னூட்டம் பெறுவதற்கும் இணைக்கப்பட வேண்டும்.



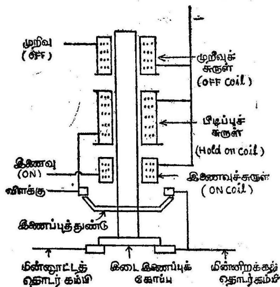
படம் 2-74 (ஆ).
மின்கல அடுக்கினை மாற்றியமைக்கும் இணைப்பி

இந்த இரு மின்கல அடுக்குகள் ஒரே அளவான வேலை செய்ய வேண்டி, அவற்றிற்கு மாற்றி, மாற்றி மின்னூட்டமும் மின்னிறக்கமும் கொடுக்க வேண்டும். ஆகவே, மின்கல அடுக்குகளின் ஒன்றினை மாற்றி, மாற்றி இணைக்க, மாற்றியமைக்கும் இணைப்பி (S_2) உள்ளது. இரயில் வண்டி ஒவ்வொரு நிலையத்தில் நின்று பிறகு அதன் வேகத்தினை அதிகரிக்கும்பொழுது மின் தோற்றியினால் தோற்றுவிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் மாற்றியமைக்கும் இணைப்பின் (S_2) சுருளினை மின்வலுப்பெறச் செய்து, இணைப்பியின் கொக்கி (hook) வட்டுகளை (discs) 90°-க்குத் திரும்புகிறது [படம் 2-74 (ஆ)]. இதனால் இரயில் வண்டியினை ஒவ்வொரு

தடவை நிறுத்தும்பொழுதும், துவக்கப்படும்பொழுதும், மின்கல அடுக்குகள் மாறி, மாறி மின்னூட்டத்தினையும் மின்னிறக்கத்தினையும் பெறுகின்றன.

காந்த ஒளி இணைப்பி S_3 (Magnetic light switch)

இரயில் வண்டிக்காவலர் (train guard) தானிருக்கும் வண்டிப் பெட்டியில் உள்ள, "காவலர் கட்டுப்பாட்டு இணைவு (ON) இணைப்பியினைப்" பொருத்தினால் வண்டிப் பெட்டிகளின் உட்கூறையிலுள்ள இணைவு உட்கூரைக் கம்பி (ON roof wire) மின் வலுவூட்டப்படுகிறது. இதனால் காந்த ஒளி இணைப்பியில் உள்ள இணைவுச்சுருள் (ON coil) மின்வலிமை பெற்றுக் குண்டலத்தை மேலே இழுத்துப் பிடிக்கிறது. இடை இணைப்புக் கோப்பு (paralleling link) மேலே தூக்கப்பெற்று மின்னூட்டக் கம்பித் தொடருக்கும் மின்னிறக்கக் கம்பித் தொடருக்குமுள்ள தொடர்பினைப் பிரிக்கிறது. மேலே இழுக்கப்பட்ட S_3-ன் இணைப்புத்துண்டு (correction strip) மேலே இழுக்கப்பட்டு மின்னேற்றத் தொடர்புக் கம்பியினைப் பிடிப்புச்சுருள்



படம் 2-74 (இ).
காந்த ஒளி இணைப்பி

(hold on coil) வழியாக வண்டியின் எதிர்க்குறியிட்ட உட்கூரைக் கம்பியுடன் (negative roof wire) இணைக்கிறது [படம் 2-74 (இ)]. வண்டிக் காவலர், "காவலர் கட்டுப்பாட்டு இணைவு இணைப்பினை" (guard control on switch), ஒரு கண நேரப்பொழுது அழுத்துவதால்

இணைவுச்சுருள் வலுவு இழக்கப்படுகிறது. பிடிப்புச்சுருள் (hold on coil) இந்தக் குண்டல இடை-இணைப்புக்கோப்பு மூலம் வலுவூட்ட மடைகிறது. இதற்கு முன், மின்தோற்றி ஒரு மின்கல அடுக்கு களின் தொகுப்பிற்கு நேரடியான முறையிலும், மற்றொன்றுக்கு இடை இணைப்புக்கோப்பு மூலம் மின்னூட்டமளிக்கப்படுகிறது. இந்த இயக்கத்திற்குப் பிறகு, காந்த-ஒளி இணைப்பியிலுள்ள இடை இணைப்புக் கோப்பு தூக்கப்பட்டு, ஒரு மின்கல அடுக்குத் தொகுப்பினை R என்னும் மின்தடை மூலம் மின்னூட்டம் பெறும் படியும், மற்றொன்றினையும் மின்தோற்றியும் இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டு, மின்சுமைக்கான மின்திறனை வழங்கும் படியும். செய்கிறது. வண்டிக்காவலர் முறிவு இணைப்பியினை (off switch) அழுத்தியவுடன், வண்டியின் உட்கூரைக் முறிவுக்கம்பி (root off wire) மின்வலிமை அடைகிறது. இதனால் வண்டியில் உள்ள காந்த ஒளி இணைப்பிகளின் "முறிவுச் சுருள்கள்" (OFF coils) மின் வலிமை அடைகிறது. இந்த முறிவுச் சுருள்களில் பாயும் மின்னோட்டத்தினால் உண்டான காந்தப்பாய்வு, மற்ற இரு சுருள் களின் உண்டாகும் காந்தப் பாய்விற்கு எதிரிடையாக இருப்பதால், காந்த ஒளி இணைப்பி மின்வலிமை இழந்து, குண்டலத்தை அதன் எடை மூலம் கீழே விழச் செய்து விளக்கொளிச் சுற்றதரினைப் பிரிக்கிறது. சில வண்டிகளில் மின்விசிறி இணைப்பியும் (fan switch) இரயில் வண்டிக் காவலர் அறையினுள் வைத்திருப்பர். இந்த இணைப்பியின் பொத்தானை அழுத்துவதின் மூலம், விசிறி உட்கூரைக் கம்பியினை (fan roof wire) மின் வலுவடையச் செய்யலாம்.

வினாக்கள்

(1) நீராவி உள்ளூர் இயங்கும் பொறி மின்முறை இழப்பு ஆகியவற்றின் ஒற்றுமைகளைக் கூறுக.

(2) மின்முறை இழுப்பின் மேன்மைகளும், குறைகளும் யாவை?

(3) மின்முறை இழுப்பு அமைப்புகளின் வெவ்வேறு வகைகள் யாவை?

(4) புறநகர்ப் பணிக்கான மின்தொடர் இரயில் வண்டியின் வேக-நேர வளைகோட்டினை வரைந்து, வெவ்வேறு நிலைகளில் ஏற்படும் இயக்கங்களைப் பற்றி விளக்கிக் கூறுக.

(5) சுருக்கிய வேக-நேர வளைகோட்டின் வகைகள் யாவை?

(6) டிரபீசிய வேக-நேர வளைகோட்டினை வரைந்து பெரும வேகத்தினைக் கணக்கிடப் பயன்படுத்தப்படும் வாய்ப்பாட்டினைத் தருவிக்க.

(7) பட்டியல் வேகம் என்றால் என்ன? அதைப் பாதிக்கக் கூடிய காரணங்கள் யாவை?

(8) ஓர் இரயில் வண்டியின் "ஆற்றல் வெளிப்பாட்டு எண்?" என்பதைப் பற்றி நீங்கள் அறிந்துகொண்டது என்ன? இதனைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் வாய்பாட்டினைத் தருவிக்க. இதனைப் பாதிக்கக்கூடிய முக்கிய காரணங்கள் யாவை?

(9) மின்முறை இழுப்பின், நிலைஎடை, விளைவுறு நிறை (அல்லது முடுக்க எடை), ஒட்டுதல் எடை (adhesive weight) ஒட்டுதலின் குணகம் ஆகியவற்றினைப் பற்றி நீங்கள் அறிந்துகொண்டதென்ன?

(10) இழுப்பு முறைப் பணிக்குத் தேவைப்படும் தனிச் சிறப்பியல்புகள் யாவை? இப் பணிக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மோட்டார்களின் வெவ்வேறு வகைகளைப் பற்றிக் கூறி, அவைகள் ஒவ்வொன்றும் எந்த அளவுக்கு இழுப்பு முறைப் பணிகளுக்கான சிறப்பியல்புகளை நிறைவுடையதாகச் செய்கின்றதென்பதனை விளக்குக.

(11) நேர் மின்னோட்ட தொடர்புல மோட்டார் இழுப்புப் பணிக்கு உகந்த ஒரு சிறந்த மோட்டார் என்பதற்குப் போதிய காரணங்களைக் காட்டுக.

(12) நேர்ப்போக்குத் தூண்டல் மோட்டாரினைப் பற்றி நீங்கள் தெரிந்துகொண்டதென்ன? அது எங்கெங்கே பயன்படுத்தப் படுகிறது?

(13) தொடக்க கால அளவில் இழுப்பு மோட்டாரினைத் தொடர்-இணைப்புமூலம் துவக்கப்படுவதால் மின்னாற்றல் செலவில் எப்படி சிக்கனமுண்டாகிறது என்பதனை விளக்குக.

(44) பல்பெட்டி தொகுப்புக் கட்டுப்பாட்டு முறையினை விளக்கி அதன் மேன்மைகளைப் பற்றிக் கூறுக. இந்த வகைக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புக்குப் பயன்படுத்தப்படும் கருவிகளைக் காட்டும் படம் வரைந்து காட்டுக.

(15) மெடாடைன் (metadyne) கட்டுப்பாட்டின் தத்துவத்தைக் கூறுக. அது வேலை செய்யும் விதத்தைப் பற்றிக் கூறுக.

(16) ஓட்டு செலுத்தக்கூடிய (transmission of drive) வெவ்வேறு முறைகளைப் பற்றி விவரிக்கவும்.

(17) நேர்மின்னோட்ட இழுப்பு முறை அமைப்புக்குப் பயன்படுத்தப்படும் நிறுத்தல் முறைகளைப் பற்றி விவரிக்கவும்.

(18) நேர்மின்னோட்ட உள்ளூர் இயங்கும் பொறிக்கும் ஓருந்தி மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்புக்கும் மீள்-ஆக்க நிறுத்தம் எப்படிப் பொருத்தப்படுகிறது என்பதனை விவரிக்கவும்.

(19) இரயில் வண்டியின் நேர்மின்னோட்ட அமைப்பு, மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பு ஆகியவற்றிற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மீள் ஆக்க நிறுத்தியின் மேன்மைகளையும் குறைபாடுகளையும் விளக்கிக் கூறுக.

(20) மேற்கூறப்பட்ட ஒவ்வொரு அமைப்பிலும் பயன்படுத்தப்படும் ஒரு நடைமுறை திட்டத்தின் தத்துவத்தினை எடுத்துக் கூறி, அத் திட்டத்திற்குச் செய்யவேண்டிய ஏற்பாடுகளைப் பற்றியும் சுருக்கமாகக் கூறுக.

(21) வெற்றிட நிறுத்தி, காந்த நிறுத்தி ஆகியவற்றினைப் பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.

(22) நேர்மின்னோட்ட 1500 வோல்ட்டு மின்திறன் அமைப்பினைக் கொண்ட மின் இரயில் வண்டியின் இருப்புப் பாதைக்கு எப்படி மின்வசதி அளிக்கப்படுகிறது என்பதனைக் குறிப்பிடுக.

(23) மாறுதிசை மின்னோட்ட 25,000 வோல்ட்டு மின்திறன் அமைப்பினைப் பற்றி விரிவாகக் கூறி, அது நேர்மின்னோட்ட அமைப்பினைக் காட்டிலும் எப்படிச் சிறந்து விளங்குகிறது என்பதனைக் குறிப்பிடுக.

(24) இழுப்பு முறை அமைப்பில், எதிர் நிரப்பியின் அவசியத்தைப் பற்றியும், அது எப்படி வேலை செய்கிறது என்பதனைப் பற்றியும் படத்தின் மூலம் விளக்கிக் கூறுக.

(25) மின்முறை இழுப்பு அமைப்பில் உள்ள "மின்னோட்ட திரட்டலைப்" பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.

(26) இரயில் வண்டிப் பெட்டிகளுக்கு வழங்கப்படும் மின் ஒளியூட்டத்தைப் பற்றி விவரிக்கவும்.

பயிற்சிகள்

(1) 2 கிலோ மீட்டர் தொலைவு தூர இடைவெளியுள்ள இரயில்வே நிலையங்களுக்கிடையே செல்லும் இரயில் வண்டியின் பட்டியல் வேகம் 40 கிலோ மீட்டர்/மணியினை நிலைநிறுத்தப்படுகிற தென்றால், இரயில் வண்டியின் பெரும வேகத்தினைக் கணக்கிடுக. இரயில் வண்டி நிற்கும் நேரம் 20 வினாடிகள் எனவும், ஒடுக்கம் 4 கி.மீ/மணி வினாடி எனவும் கொள்க, சுருக்கிய வேக-நேர வளை கோட்டினைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளவும். இதில் பயன்படுத் தப்படும் வாய்பாட்டினையும் தருவிக்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. ஏப்ரல் 1965)
விடை : [50 கி.மீ/மணி]

(2) ஓர் இரயில் வண்டியின் பட்டியல் வேகம் 30 கி.மீ/மணி இரயில் ஒரு நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 20 வினாடிகள். இரு நிலையங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 1 கி.மீ. இரயில் வண்டியின் முடுக்கம் 1·93 கி.மீ/மணி/வினாடி எனவும், இரயில்வண்டியின் பெரும வேகம் அதன் சராசரி வேகத்தைப் போல் 1·25 மடங்கு உள்ளது எனவும் கொண்டால், நிறுத்தி-ஒடுக்கத்தினைக் கணக்கிடுக. வேக-நேர வளைகோட்டினை வரையவும். நிறுத்திகளைக் கொண்டு இரயில் வண்டியினை நிறுத்துவதற்குமுன் இரயில் வண்டி சென்ற தூரத் தினையும் கணக்கிடுக.

[விடை : நி. ஒ. = 2·70 கி.மீ/மணி வினாடி
தூரம் = 0·8958 கி.மீ.]

(3) ஒரு மின்சார இரயில் வண்டி 3·2 கி.மீ/ம/வி அளவுள்ள நிறுத்தி முடுக்கத்தைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். பெரும வேகத் துக்கும் சராசரி வேகத்துக்கும் உள்ள விகிதம் 1·3 ஆகவும், நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 26 வினாடிகளாகவும், இரயில் வண்டி யின் முடுக்கம் 0·8 கி.மீ/மணி/வினாடியாகவும் கொண்டால், 1·5 கிமீ. தூரத்திற்கான பட்டியல் வேகத்தினைக் கண்டுபிடிக்கவும். டிரபீசிய வேக-நேர வளைகோட்டினைப் பயன்படுத்தவும்

(A. M. I. E. மின்முறை இழுப்பு, நவம்பர் 1965)
[விடை : 29·96 கி.மீ/மணி]

(4) 1·6 கிமீ. தொலைவு தூரமுள்ள இரு நிலையங்களுக் கிடையே ஓர் இரயில் வண்டி 40 கிமீ/மணி சராசரி வேகத்தில் செல்கிறது. இரயில் வண்டியின் ஓட்டம் சுருக்கிய நாற்கர வேக-

நேர வளைகோட்டினை ஒத்திருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. பெரும வேகம் 64 கிமீ/மணிக்கு உட்பட்டதாகவும், முடுக்கம் 2·0 கிமீ/ம/வி எனவும், சறுக்கல், நிறுத்தி முதலியவற்றின் ஒடுக்கங்கள் முறையே 0·16 கி.மீ/ம/வி, 3·2 கி.மீ/ம/வி எனவும் கொண்டால், முடுக்கம், சறுக்கல், நிறுத்தி ஆகியவற்றின் கால அளவுகளைக் கண்டுபிடிக்கவும். (A. M. I. E. மின்-முறை இழுப்பு மே 1965)

[விடை : 32 வினாடிகள், 96·85 வினாடிகள், 15·15 வினாடிகள்]

(5) 200 டன்னி எடையுள்ள ஓர் இரயில்வண்டி முடுக்க கால அளவில் $1 \cdot 4 \times 10^5$ நியூட்டன்களில் மாறுநிலையான இழுப்பு முயற்சியை வெளிப்படுத்தும். முடுக்க கால அளவுக்குப் பிறகும் நிறுத்தியைக் கொண்டு இரயில் வண்டியினை நிறுத்த ஆரம்பிப்பதற்கு முன்பும், இரயில் வண்டி வேகம் ஒரே அளவாக இருக்கும்படி நிலைநிறுத்தப்படுகிறது. 200-ல் 1 ஏறு சரிவில் இரு நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள 2 கிலோ மீட்டர் தூரத்தினைக் கடக்க இரயில் வண்டி எடுத்துக்கொள்ளும் மொத்த நேரம் 2 நிமிடங்களானல், இரயிலின் பெரும வேகத்தினைக் கண்டுபிடிக்கவும். இரயிலின் உராய்வுத்தடை 40 நியூட்டன்/டன் எனவும், சுழற்சி நிலைமம் 10 சத வீதம் எனவும், நிறுத்தி ஒடுக்கம் 3 கி.மீ/ம/வி எனவும் கொள்க.

[விடை : 86 கி.மீ/ம]

(6) ஓர் இரயில் வண்டி சீருடை முடுக்கம் பெற்று ஓய்வு நிலையிலிருந்து 25 வினாடிகளில் 50 கி.மீ./மணி வேகத்தினை அடைகிறது. பிறகு 60 நியூட்டன்/டன். அளவு நிலையான இருப்புப் பாதைத் தடைக்கு எதிரிடையாகச் சறுக்கிச் சென்று, இறுதியில் இரயில் வண்டியின் வேகம் 36 கி.மீ./மணி அளவிற்குக் குறைகிறது. இந்த குறைந்த வேகத்தில் நிறுத்திகளைக் கொண்டு 12 வினாடிகளில் இரயில் வண்டி நிறுத்தப்படுகிறது. நிலையத்தில் நிற்கும் நேரம் 20 வினாடிகளானல் இரயில் வண்டியின் (i) முடுக்கம் (ii) சறுக்கல் ஒடுக்கம் (iii) பட்டியல் வேகம் ஆகியவற்றினைக் கணக்கிடுக. சுழற்சி நிலையம் 7·5 சத வீதம் எனக் கொள்க.

விடை : [முடுக்கம் = 2 கி.மீ/ம/வி
சறுக்கல் ஒடுக்கம் = 0·2 கி.மீ/ம/வி
பட்டியல் வேகம் = 30·33 கி.மீ/மணி]

(7) ஓர் இரயில் வண்டி 1·8 கி.மீ இடைத்தூரமுள்ள ஒரே மட்டமுடைய இருப்புப்பாதையினைக் கொண்ட நிலையங்களைக் கடப்பதற்கு எடுத்துக்கொண்ட சராசரி வேகம் 45 கி.மீ/மணி இதன் முடுக்கம், நிறுத்தி ஒடுக்கம் முறையே 2 கி.மீ/ம/வி 3 கி.மீ/ம/வி. வேக-நேர வளைகோட்டினை வரைந்து, இரயில் வண்டி அச்சில் ஏற்படும் மின்னுற்றல் செலவு எண்ணினைக் கணக்கிடுக. இருப்புப்பாதைத் தடை 45 நியூட்டன்/டன் எனவும், சுழற்சி நிலைமம் 10 சதவீதம் எனவும் கொள்க.

[விடை : 30·1 வாட்மணி/டன்/கி.மீ]

(8) 100-ல் 1 ஏறு சரிவில் செல்லும் 300 டன்னி எடையுடைய ஓர் இரயில் வண்டியின் வேக-நேர வளைகோடு கீழ்க்கண்ட விவரங்களைக் கொண்டுள்ளது:

(i) ஓய்வு நிலையிலிருந்து சீருடைய முடுக்கம் பெற்று 30 வினாடிகளில் 45 கி.மீ/மணி வேகத்தினை அடைகிறது.

(ii) மின்திறன் அமைப்புடன் ஒரே நிலையான வேகமாகிய 45 கி.மீ/மணியில் 40 வினாடிகள் வரை செல்கிறது.

(iii) மின்திறன் துண்டிக்கப்பட்டு, சறுக்கிச் சென்ற கால அளவு 30 வினாடிகள்.

(iv) இரயில் வண்டியினை அசையா நிலைக்குக் கொணர, நிறுத்தி ஒடுக்கம் 2·5 கி.மீ/ம/வி.

இருப்பாதையின் தடை 45 நியூட்டன்/டன்னி எனவும், சுழற்சி நிலைமம் 10 சதவீதமெனவும் கொண்டால், மின்னுற்றல் செலவு எண்ணினைக் கண்டுபிடிக்கவும். எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பயனுறுதிறன் 72 சதவீதமெனவும் கொள்க.

[விடை : 63·8 வாட்மணிகள்/டன்னி-கி.மீ]

(9) 150 டன்னி எடையுள்ள ஓர் இரயில் வண்டியில் ஆறு மோட்டார்கள் உள்ளன. இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலையிலிருந்து முடுக்கம் பெறுவதற்கு ஒவ்வொரு மோட்டாரும் 3·125 நியூட்டன்-மீட்டர் இருசு திருக்கத்தினை வெளிவிடுகின்றது. பல்லிணை விகிதம் 2·5 எனவும், பல்லிணை அமைப்பின் பயனுறுதிறன் 65% எனவும், இயங்க வைக்கும் வண்டிச்சக்கரத்தின் விட்டம் 100 செமீ எனவும் கொண்டால், 200-ல் 1 ஏறு சரிவில் இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலை

யிலிருந்து தொடங்கி, 200 விளுடிகளில் அடையும் வேகத்தினைக் கணக்கிடுக. இருப்புப் பாதையின் தடை 5 கிலோ கிராம்/டன்னி எனவும், சுழற்சி நிலைமம் 10 சதவீதம் எனவும் கொள்க.

[விடை : 32·7 கி.மீ/மணி]

(10) உள்ளூர் இயங்கும் பொறியுடன் கூடிய ஓர் இரயில் வண்டித் தொடரின் எடை 300 டன்னி. 100-ல் 1 சரிவில் 1·00 கிமீ/ம/வி. வேகத்தில் இத் தொடர் வண்டி முடுக்கி விடப்படுகிறது. இருப்புப்பாதையின் தடை 75 நியூட்டன்/டன் எனவும், சுழற்சி நிலைமம் 15 சதவீதம், உள்ளூர் இயங்கும் பொறியின் சிறும ஒட்டுதலின் எடை 70 டன்னி எனவும் கொண்டால், ஒட்டுதலின் குணகம் (co-efficient of adhesion) எவ்வளவு?

[விடை : 0·2177]

(11) ஓர் உள்ளூரியங்கும் பொறியின் எடை 120 டன்னி. இதில் 40 டன்னி எடை ஒட்டுதலற்ற சக்கரங்களினுல் (non-driving wheels) சுமந்து செல்லக்கூடியவை. 0·1 மீட்டர்/விளுடி^{2} முடுக்கத்தில், 100-ல் 1 ஏறு சரிவில், இந்த உள்ளூரியங்கு பொறி இழுத்துச் செல்லக்கூடிய பிந்து வண்டியின் (trailer) பெரும எடையினைக் கண்டுபிடிக்கவும். ஒட்டுதல் குணகம் 0·25 எனவும், இரயில் வண்டித்தடை 5 கிலோ கிராம்/டன்னி எனவும், சுழற்சி நிலைமம் 10% எனவும் கொள்க. (A.M.I.E. மின்முறை இழுப்பு-நவம்பர் '73)

[விடை : 645 டன்னி]

(12) பல்பெட்டி வண்டிக் கூறுகளடங்கிய 200 டன்னி எடையுள்ள ஓர் இரயில் ஆறு தொடர்புல மோட்டார்களைக் கொண்டுள்ளது. ஒவ்வொரு மோட்டாரும் 600 வோல்ட்டு கம்பி மின்னழுத்தத்தில் 200 ஆம்பியர் சராசரி மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்கிறது. இதனைத் தொடர்-இணைக் கட்டுப்பாட்டின் மூலம் துவக்கப்படுகிறது. மோட்டாரின் வேகம் 34·3 கி.கி/மணி வேகத்தினை யடைந்தவுடன் ஒவ்வொரு மோட்டாருக்கிடையே முழு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டால்:

(i) முடுக்க கால அளவில் ஏற்பட்ட தடைமாற்றி மின்னிழப்பு,

(ii) மின் தருவியிலிருந்து வழங்கப்பட்ட உள்ளீட்டு மின்னுற்றல்,

(iii) மோட்டார் தடையில் ஏற்பட்ட மின்னாற்றலிழப்பு,

(iv) நிலை மாறு வேகம்,

ஆகியவற்றினைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

[விடை : (i) 1·3 கிலோ வாட் மணி
(ii) 4·14 கிலோ வாட் மணி
(iii) 0·0272 கிலோ வாட் மணி
(iv) 16·03 கி.மீ/மணி]

(13) 500 டன்னி எடையுள்ள ஓர் இரயில் வண்டியின் தொடக்க வேகம் 80 கி.மீ/மணி 100-ல் 1 சீருடைய இறங்கு சரிவில் இரயில் வண்டி செல்லும்பொழுது, மீள் ஆக்க நிறுத்தியைக் கொண்டு அதன் தொடக்க வேகத்திலிருந்து 30 கி.மீ/மணிக்குக் குறைக்கும் பொழுது இரயில் வண்டி சென்ற தூரம் 2 கி.மீ என்றால், மின்திறன் அமைப்புக்குத் திருப்பி அனுப்பப்பட்ட மின்னாற்றலைக் கண்டு பிடிக்கவும். தண்டவாளத்தடை 60 நியூட்டன்/டன்னி. எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பயனுறுதிறன் 80 சத வீதம். சுழற்றி நிலைமத்துக்காக 10 சதவீத அளவினை எடுத்துக்கொள்ளவும்.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. ஏப்ரல்—1971)
[விடை : 34·416 கிலோ வாட்மணி]

(14) ஓர் உள்ளூரியங்கும் பொறி (locomotive), 500 டன்னி எடையுடைய இரயில்வண்டியினை, 0·5 சத வீத ஏறு சரிவில் 1 கி. மீ/ம/வி முடுக்கத்தில், முடுக்கமடையச் செய்யுமானால், அந்த உள்ளூரியங்கும் பொறியின் எடையினையும், அச்சுகளின் எண்ணிக்கையையும் தோராயமாகக் கண்டுபிடிக்கவும், இரயில் வண்டிப் பாதையின் தடை 5 கிலோ கிராம்/டன்னி ஒட்டுதலின் குணகம் 0·25 அச்சு எடை (axle weight) 16 டன்னிக்கு மிகையாகாமல் இருக்கவேண்டும். சுழற்சி நிலைமம் 12% எனக் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B. E. ஏப்ரல்—1973)
[விடை : 106·5 டன்னி, 7 அச்சுகள்]

(15) 50 மீட்டர் இடைத்தூரமுடைய இரு கம்பங்களுக்கிடையே ஒரு சாலை இருப்பூர்தியின் (tramway) மின்னூர்திக்கம்பி தொங்க விடப்படுகிறது. கம்பியின் விட்டம் 1 செமீ. அதனுடைய எடை = 0·52 கிலோ கிராம்/மீட்டர். பயன்படுத்தப்பட்ட இழுவிசை

அளவு 502 கிலோ கிராம் என்ருல், (அ) அக் கம்பியின் தொய்வு (ஆ) தேவைப்படும் மொத்த கம்பியின் நீளம் முதலியவற்றினைக் கணக்கிடுக.

[விடை : (அ) 42·2 செமீ.
(ஆ) 50,00095 மீ.]

(16) PQR என்ற மின்னேட்டத்திருப்பு இரயில் வண்டிப் பாதையின் நீளம் 3 கிமீ. P என்னும் புள்ளி தடையிடப்பட்டுள்ளது. Q என்னும் புள்ளி P என்னும் புள்ளியிலிருந்து 2 கிமீ தூரத்தில் உள்ளது. ஓர் எதிர்மின் நிரப்பியினைக் (negative booster) கொண்டு, Q என்னும் புள்ளியின் மின்னழுத்தத்தைத் தரையிடப்பட்ட நிலைமைக்குக் கொணரப்படுகிறது. மின்சுமை 350 ஆம்பியர்/கிமீ. எனக் கொண்டால், எதிர்மின் நிரப்பியின் திட்டவரையினைக் கணக்கிடுக. இருப்புப்பாதையின் தடை = 0·035 ஓம்/கிமீ. எனவும் எதிர் மின்னூட்டியின் தடை 0·03 ஓம்/கிமீ. எனவும் கொள்க.

[விடை : 29·4 கிலோ வாட்கள்.]

3. மின் பகுப்பு முறைகள்

(Electrolytic Processes)

3. மின் பகுப்பு முறைகள் (Electrolytic processes)

எந்த உலோகத்தை வெளிப்படுத்த வேண்டுமோ அந்த உலோக உப்புக் கரைசலினூடே, நேர் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால், அந்தக் கரைசலிலிருந்து மிகவும் தூய்மையான உலோகம் வெளிப்படுகிறது. இப்படிப் பிரிக்கப்பட்ட உலோகத்தினை மற்றொரு பொருளின் மீது மெல்லிய பாலங்களாகப் (thin layers படிய வைக்கலாம். இந்த தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு உலோகங்களை அவற்றின் தாதுப் பொருள்களிலிருந்து (ores) பிரித்தல், உலோகங்களை தூய்மையாக்கல், மின் முலாம் பூசுதல், மின் அச்சு எடுத்தல், வேதியியல் பொருள்களை உண்டாக்கல் போன்ற பணிகளுக்குப் பயன்படுத்தி வருகின்றனர். இந்தத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்பட்டு வரும் பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளைத்தான் 'மின் பகுப்பு முறைகள்' (electrolytic processes) என்கிறோம்.

மின் பகுப்பின் இயல் நிகழ்ச்சியை அறிவதற்கு முன் அணுவின் உள்ளமைப்பை ஈண்டு நினைவுபடுத்திக் கொள்வோம்.

3-1. அணுவின் அமைப்பு

அணுவின் நடுவில் உட்கரு இருக்கிறது. அணு உருண்டை வடிவமுடையது என்று கொள்வோமானால், அதன் விட்டம் $\left(10^{-8}\text{ செ.மீ.}\right)$, உட்கருவின் விட்டத்தைப் $\left(10^{-12}\text{ செ.மீ}\right)$ போல் சுமார் 10^{+4} மடங்கு பெரியது. உட் கருவில் முக்கியமான புரோட்டான் (proton), நியூட்ரான் (neutron) என்ற இரண்டு வகையான துகள்கள் காணப்படுகின்றன. புரோட்டான் நேர் மின்னூட்டம்

உடையது (positive charge). ஆனால், நியூட்ரானுக்கு மின்னூட்டம் கிடையாது. நடுநிலையானதாக உள்ளது. உட் கருவின் புறத்தே உள்ள பகுதியில் எலக்ட்ரான்கள் (electrons) காணப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான் எதிர் மின்னூட்டமுடையது (negative charge). ஓர் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தை ஓரலகாக (unit) எடுத்துக் கொண்டால் உட்கருவில் உள்ள ஒரு புரோட்டானின் மின்னூட்டமும், அதே அளவு அலகு உடையது. அதாவது ஓர் எலெக்ட்ரான் அல்லது புரோட்டானின் மின்னூட்டம் $e = 1{\cdot}601 \times 10^{-20}$· e. m. u. or $4{\cdot}803 \times 10^{-10}$ e. s. u. ஆகும். உட்கருவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை உட் கருவின் புறத்தே உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமானது.

நேர் மின்னூட்டமுடைய அணுவின் உட்கருவுக்கும், எதிர் மின்னூட்டமுடைய எலெக்ட்ரானுக்கு மிடையே செயல்படும் விசை காரணமாக, எலெக்ட்ரான் அணுக் கருவைச் சுற்றி வட்டப்பாதையில், கதிரவனைச் சுற்றி வரும் கோள்கள் செல்வது போல் செல்கின்றது. ஆகவே எலெக்ட்ரான்களின் மைய விலகு விசை (centrifugal force), கவர்ச்சி விசையை (force of attraction), சரியீடு கட்டி, அணு நிலையாக இருக்க உதவுகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் சுமார் ஒரு விநாடிக்கு 32,000 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் விநாடிக்கு 10^{-19} சுற்றுகள் சுற்றுகின்றன.

புரோட்டானும், நியூட்ரானும் ஏறத்தாழ ஒரே அளவு நிறையைப் பெற்றிருக்கின்றன. ஒரு புரோட்டானின் நிறை $= 1{\cdot}6725 \times 10^{-27}$ கிலோ கிராம். ஆனால், ஓர் எலெக்ட்ரானின் நிறை $= 9{\cdot}107 \times 10^{-31}$ கிலோ கிராம். எனவே, ஓர் எலெக்ட்ரானின் நிறை, ஒரு புரோட்டானின் நிறையில் $\frac{1}{1837}$ பங்காகும். எலெக்ட்ரானின் நிறை மிக மிகக் குறைவானதால், அணுவின் முழு நிறையும் பெரும்பான்மையாக உட்கருவிலேயே இருக்கிறது எனவே, அணு எடை எண் (atomic weight) என்பது, புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை, நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தொகைக்கு சமமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். ஆனால் ஓர் அணுவில் அணு எண் (atomic number) என்பது, அந்த அணுவின் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கைக்கோ, அல்லது எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கோ சமம். எனவே, அணு

எடை எண்ணிலிருந்து அணு எண்ணைக் கழித்தால், நியூட்ரான் களின் எண்ணிக்கை கிடைக்கும்.

இனி உட்கருவின் புறப்பகுதியில் எலெக்ட்ரான்கள் எவ்வாறு அமைந்திருக்கின்றன என்பதைப் பார்ப்போம். எலெக்ட்ரான் கள் அணுக்கருவிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட சில தூரங்களில் தான் கருவைச் சுற்றிக் கோளப் பாதையில் வட்டமிடுகின்றன. இத்தகைய பாதையை 'கூடு' என்பர். அதாவது எலெக்ட்ரான்கள் ஓர் அணுவில் வெவ்வேறு கூடுகளில் அமைந்துள்ளன. அணுக் கருவுக்கு அருகில் உள்ள முதல் ($n = 1$) கூட்டிற்குக் 'K' கூடு என்னும், அதற்கு அடுத்தாற்போல் உள்ள இரண்டாவது ($n = 2$) கூட்டிற்கு 'L' கூடு என்னும், மூன்றாவது ($n = 3$) கூட்டிற்கு 'M' கூடு என்னும் நான்காவது ($n = 4$) கூட்டிற்கு 'N' கூடு என்னும் பெயர் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு கூட்டிலும் அதன் பரப்பிற்கேற்றவாறு ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கை எலெக்ட்ரான் கள் வரைதான் கொள்ளும். எடுத்துக் காட்டாக, முதல் (K) கூட்டில் 2 எலெக்ட்ரான்களும், இரண்டாவது (L) கூட்டில் 8 எலெக்ட்ரான் களும், மூன்றாவது (m) கூட்டில் 18 எலெக்ட்ரான்களும், நான்கா வது (n) கூட்டில் 32 எலெக்ட்ரான்களும் கொள்ளும். இதைக் கணக்கிட $2n^2$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம். இந்த வாய்ப்பாட்டில் n என்பது கூடு (shell) எண்ணைக் குறிக்கும். ஓர் அணுவின் கடைசிக் கூட்டில் 8 எலெக்ட்ரான்களுக்கு மேல் இருக்க முடியாது. எடுத்துக்காட்டாகக் கீழ்க் கண்ட மந்த வாயுக்கள் (inert gases) அவற்றின் வெளிப்புறக் கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான் களின் எண்ணிக்கை முழுமையானது. (அதாவது முதற் கூட்டில் 2-ம், மற்ற கூடுகளில் 8-ம் உடையன).

தனிமம்	அணுஎண்	1ஆவது	2ஆவது	3ஆவது	4ஆவது	5ஆவது	6ஆவது
1. ஹீலியம் (Helium)	2	2					
2. நியான் (Neon)	10	2	8				
3. ஆர்கான் (Argon)	18	2	8	8			
4. கிரிப்டான்(Krypton)	36	2	8	18	8		
5. ஜெனான் (Xenon)	54	2	8	18	18	8	
6. ரேடான் (Radon)	86	2	8	18	32	18	8

இந்த மந்த வாயுக்கள் வேதியியல் முறையில் வேறு எந்த தனிமத்துடனும் ஒன்று சேராது. வாயு நிலையிலிருந்து திரவ

நிலைக்கும் மாருது. அதாவது இவைகள் நிலையான நிலைகளை உடையவை.

லிதியம் (3), சோடியம் (11), பொட்டாசியம் (19), ருபீடியம் (37), சீசியம் (55) போன்றவை நிலையான நிலைகளையுடைய மந்த வாயுக்களைக் காட்டிலும் ஓர் எலெக்ட்ரான் அதிகமாய் உடையவை. இவை அனைத்தும் ஒரே வகையான வேதியியல் குணங்களையுடையவை. அவ்வாறே மந்த வாயுக்களைக் காட்டிலும், இரு எலெக்ட்ரான்கள் அதிகமாகக் கொண்ட, மக்னீசியம் (12), கேல்சியம் (20), ஸ்ட்ரான்சியம் (38), பேரியம் (56), ரேடியம் (88) போன்ற தனிமங்களும் மிகவும் நெருங்கிய வேதியியல் குணங்களையுடையவை. மந்த வாயுக்களைக் காட்டிலும் ஓர் எலக்ட்ரான் குறைவாகக் கொண்ட ஃப்ளோரின் (9), குளோரின் (n) புரோமின் (35), அயோடின் (53) போன்ற ஹேலோகன் குழு (halogen group) ஒருமித்த வேதியியல் குணங்களைப் பெற்றவை.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து அறியப்படும் முக்கியமான உண்மை என்னவெனில், ஒரு தனிமத்தின் வேதியல், இயற்கைக் குணங்கள் அதன் கடைசிக் கூட்டிலுள்ள எலெக்ட்ரானின் எண்ணிக்கையையும், அமைப்பையும் சார்ந்திருக்கின்றன. அதாவது அணுவில் உள்ள மொத்த எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அவ்வளவு முக்கியமில்லை என்பது தெளிவாகிறது.

3-2. இணை திறனும் எலெக்ட்ரான் அமைப்பும்

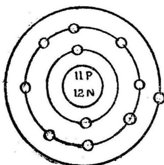
மந்த வாயுக்களின் (ஹீலியம் தவிர) கடைசிக் கூட்டில் 8 எலெக்ட்ரான்கள் இருப்பதால் இவைகள் நிலையான எலெக்ட்ரான் அமைப்பு உடையவைகள். மந்த வாயுக்களைத் தவிர மற்ற தனி வாயுக்களுக்கு இத்தகைய நிலையான எலெக்ட்ரான் அமைப்பு இல்லை. ஆகையால் அத் தனிமங்கள் நிலையான எலெக்ட்ரான் அமைப்பை அடைய நாட்டம் கொண்டவைகளாக ஒன்றொடொன்று சேருகின்றன. அப்படிச் சேரும்பொழுது மந்த வாயுவினுடைய நிலையான அமைப்பு உண்டாகிறது

ஒரு தனிமம் மற்றொரு தனிமத்துடன் சேருகின்ற திறனைத்தான் இணை திறன் என்கிறோம். ஹைட்ரஜனுடைய இணை திறன் ஒன்று என்பது ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட கருத்து. குளோரினுடைய ஓர் அணு, ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவுடன் சேர்ந்து ஹைட்ரஜன் குளோரைடைக் கொடுப்பதால், குளோரினுடைய இணை திறன் ஒன்று என்கிறோம். உண்மையில் ஒரு தனிமத்தின் இணை திறன்

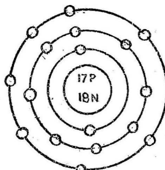
அத் தனிமத்தினுடைய அணுவின் கடைசிக் கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது. அல்லது இறுதிக் கூட்டில் நிலையான 8 எலெக்ட்ரான்களின் அமைப்பைவிட எவ்வளவு குறைவான எலெக்ட்ரான்களுடையது என்பதனையும் பொறுத்துள்ளது. வெளிப்புறக் கூட்டில் உள்ள (outer most shell) எலெக்ட்ரான்களே இணை திறனைக் கொடுப்பதால், அவைகள் இணை திறன் எலெக்ட்ரான்கள் (valence electron) என்று வழங்கப்படுகின்றன. நிலையான் எலெக்ட்ரான் அமைப்பை அடைவதற்குரிய முக்கியமான முறைகள் இரண்டு ஒன்று அயனிப் பிணைப்பு முறை (ionic bond); மற்றொன்று சம வலுப் பிணைப்பு முறை (covalent bond).

3·2-1. அயனிப் பிணைப்பு முறை

சோடியம், குளோரின் ஆகியவற்றின் அணு உள்ளமைப்பு படம் 3-1 (அ)-லும், 3-1 (ஆ)-லும் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றின்



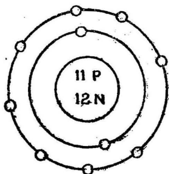
படம் 3-1 (அ)
சோடியம் அணு உள்ளமைப்பு



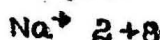
படம் 3-1 (ஆ)
குளோரின் அணு உள்ளமைப்பு

அணுக்கள் நிலையான எலெக்ட்ரான் அமைப்பை அடையும் பொருட்டு ஒன்று சேருகின்றன. இவைகள் சேரும் பொழுது சோடியம் அணுவின் கோடிக் கூட்டில் உள்ள ஓர் எலெக்ட்ரான் குளோரின் அணுவின் கடைசிக் கூட்டிற்கு மாற்றப்படுகிறது [படம் 3-2 (அ)-லும் 3-2 (ஆ)-லும் உள்ளபடி].

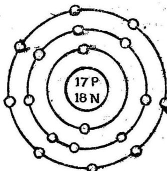
இந்த எலெக்ட்ரான் மாறுதல் ஏற்பட்டவுடன் சோடியமும், குளோரினும், கடைசிக் கூட்டில் எட்டு எலெக்ட்ரான்கள் உள்ள நிலையான எலெக்ட்ரான் அமைப்பை அடைகின்றன. அதே



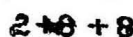
(அ)



படம் 3-2 (அ)
அயனிப்பிணைப்பு



(ஆ)



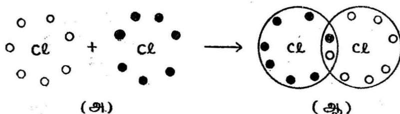
படம் 3-2 (ஆ)
அயனிப்பிணைப்பு

சமயத்தில் எலெக்ட்ரானை இழந்த சோடியம், நேர் மின்னூட்டம் உள்ள சோடியம் அயனியையும், (Na^+), எலெக்ட்ரானை ஏற்றுக் கொண்ட குளோரின், எதிர் மின்னூட்ட முடைய குளோரின் அயனியையும் (Cl^-) உண்டாக்குகின்றன. இந்த இரண்டு அயனிகளும் மாறுபட்ட மின்னூட்டங்களை பெற்றிருப்பதால் இவற்றிற்கிடையே நிலைமின் கவர்ச்சி (electro static force) ஏற்படுகிறது. இக் கவர்ச்சியே இரண்டு அயனிகளும் இணைக்கப்படுவதற்கு காரணமாய் உள்ளது. மேலும் ஓர் அயனியின் மின்னூட்ட எண் அதன் இணை திறனுக்குச் சமமாய் உள்ளது. (எடுத்துக்காட்டு) Na^+, H^+, Cl^-, Br^-, போன்ற அயனிகளின் மின்னூட்ட எண் ஒன்று. அவைகளின் இணை திறனும் ஒன்று. அதேபோல் மின்னூட்ட எண் இரண்டாக உள்ள Ca^{++}, Ba^{++}, SO_4^{--}, CO_3^{--} போன்ற அயனிகளுக்கு இணை திறனும் இரண்டு. அயனிச் சேர்மங்களை நீரில் கரைக்கும்பொழுது அல்லது உருகிய நிலையில் அயனிகளாகப் பிரிக்கப்படுவதால் இதன் கரைசல் மின்சாரத்தைக் கடத்துகின்றது.

3·2-2. சம வலுப் பிணைப்பு முறை

இவ் வகையான பிணைப்பில் சம்பந்தப்பட்ட இரண்டு அணுக்கள் ஒவ்வொன்றும் ஓர் எலெக்ட்ரானைக் கொடுக்கின்றன,

இங்ஙனம் பெறப்பட்ட இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் இவ்விரண்டு அணுக்களுக்கும் பொதுவாக இடையே உள்ளன. இவ்வாறு இவ்விரண்டு அணுக்களுக்கிடையே ஒற்றைச் சம வலுப் பிணைப்பு உண்டாகிறது. எடுத்துக்காட்டாக குளோரின் அணுவை எடுத்துக் கொள்வோம். குளோரின் அணுவில் உள்ள கடைசிக் கூட்டில் ஏழு எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன. இதற்கு நிலையான எலெக்ட்ரான் இல்லாததினால் இது மற்றொரு குளோரின் அணுவுடன் படம் 3-3 (அ)-லும், 3-3 (ஆ)-லும் காட்டியபடி சேருகிறது. மொத்தமாகக் கிடைக்கும் இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் இரண்டு அணுவுக்கும் பொதுவாக அமைகின்றன. ஆகையால், இரண்டு எலெக்டரான்கள் கடைசிக் கூட்டில் இருக்கின்றன. இவ்விதம் ஏற்படும் பிணைப்பைச் சமவலுப் பிணைப்பு என்கிறோம்.



படம் 3-3 (அ)
அயனிப்பிணைப்பு

படம் 3-3 (ஆ)
அயனிப்பிணைப்பு

(குறிப்பு: கடைசிக் கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் மட்டுமே படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன).

இவைகள் அயனிகளாகப் பிரியக் கூடிய இயல்பைப் பெற்றில்லாதிருப்பதால், இவைகள் மின்சாரத்தைக் கடத்துவதில்லை. எனவே, அயனிகளாகப் பிரியும் சேர்மங்களின் தனிம அணுக்களுக்கிடையேயுள்ள இணைதிறனை மின் வலுப் பிணைப்பு (electro valent) எனவும், அயனிகளாகப் பிரியாத சேர்மங்களின் தனிம அணுக்களுக்கிடையே யுள்ள இணைதிறனை சம வலுப் பிணைப்பு எனவும் கொள்ளலாம்.

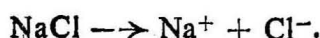
3-3. மின் கடத்தல் (Electric Conduction)

கூட்டில் உள்ள அணுக்களின் வெளிப்புறக் கூட்டிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் அணுக் கருவுக்கு அதிக தூரத்தில் இருப்பதால் மற்ற கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களைப் போல் அவ்வளவு பலமாகப் பிணைக்கப்படவில்லை. ஆகையால், எளிதில் வெளி

வந்து விடக் கூடியது. சில திடப் பொருள்கள் முக்கியமாக உலோகங்கள், தங்கள் அணுக்களின் இப்படிப்பட்ட தன்னிச்சை யான (free) எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றிருக்கின்றன. அதிலும் குறிப்பாக நல்ல மின் கடத்திகள் இத்தகைய தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களை ஏராளமாகப் பெற்றிருக்கின்றன. ஒரு திட மின் கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கு இடையே மின் புலத்தை (electric field) உண்டாக்கினால், தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான் அணுக் களிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டு, தாழ்ந்த மின்னழுத்த நிலையிலிருந்து உயர் மின்னழுத்த நிலையை நோக்கி ஓடும். தாழ்ந்த மின்னழுத் தத்திலிருந்து உயர்ந்த மின்னழுத்த நிலைக்கு இவ்விதமாக எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு கடத்தியின் மூலம் பாய்வதை மின்னோட்டம் (electric current) என்கிறோம். எனவே, திட மின் கடத்திகளில் மின்னோட்டம் என்பது தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டம் என்பதனையும், அவ் வெலெக்ட்ரான்களைத் தரும் அணுக் கள் ஒரே இடத்தில் ஒட்டு விசைகளால் (cohesive forces) பிணைக் கப்பட்டு நிலையாக இருக்கும் என்பதனையும் கவனிக்க வேண்டும். எலெக்ட்ரான்கள் இங்ஙனம் மற்ற அணுக்களோடு மோதிச் செல் வதால் எலெக்ட்ரான்கள் ஓட்டத்திற்கு தடை ஏற்படுகிறது. இதனையே மின் தடை என்கிறோம். இப்படியாக அணுக்களோடு மோதும் பொழுது ஏற்படும் ஆற்றலின் இழப்பே, அந்தப் பொருள் வெப்பமடையக் காரணமாய் இருக்கிறது. ஆகையால் தான் ஓர் உலோகக் கம்பியின் வழியாக மின்னோட்டம் நிகழும் பொழுது குறிப்பிடத் தக்க எந்த வித விளைவுகளும் ஏற்படா விடினும் அதன் வெப்ப நிலை சிறிதளவு உயருகிறது. ஆனால் சோடியம் குளோரைடுக் கரைசல் போன்ற திரவங்களில் நிகழும் பொழுது, சிதைவுற்று முற்றிலும் மாறுபட்ட புதுப் பொருள்கள் உண்டாகின்றன. இங்ஙனம் மின்னோட்டத்தால் பொருள்கள் பகுக்கப்படும் வினைக்கு மின் பகுப்பு (electrolysis) என்றும், இத்தகைய கரைசல்களை மின் பகு கடத்திகள் (electrolytic conductors) என்றும், அக் கரைசல்கள் அடங்கிய கலத்தை மின் பகுப்புக் கலம் (electrolytic cell) என்றும் வழங்குகிறோம். கரை சலில் மின்னோட்டத்தை உள்ளேயும் வெளியேயும் செலுத்துவதற் குப் பயன்படும் உலோகத் தகடுகளுக்கு மின் வாய்கள் (electrodes) என்று பெயர். மின்னோட்டம் உள்ளே செல்லப் பயன்படும் மின் வாய் நேர் மின்வாய் (anode) எனவும், வெளியே வரப் பயன்படும் மின்வாய் எதிர் மின்வாய் எனவும் வழங்கப்படுகின்றன. இவை கள் முறையே மின் கலத்தின் (battery) நேர் மின் ஈற்றிலும் (positive terminal), எதிர் மின் ஈற்றிலும் (negative terminal) இணைக்கப்படுதல் வேண்டும்.

3-4. அயனியாதல் (Ionisation)

மின் பகு பொருள்களை நீரில் கரைக்கும் பொழுது அவைகள் எதிர் வகையில் மின்னூட்டப்பட்ட அணுக்களாகப் (oppositely charged) பிரிகின்றன என்று அரேனியஸ் (Arrhenius) என்ற விஞ்ஞானி அறிவித்தார். இந்த மின்னூட்டப்பட்ட அணுக்களே அயனிகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக சோடியம் குளோரைடை நீரில் கரைத்தால் நேர் மின்னூட்டப்பட்ட சோடியம் அணுவும் [positively charged atom :- (Na^+)], எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட குளோரின் அணுவும் [(negatively charged atom : Cl^-)] உண்டாகின்றன.

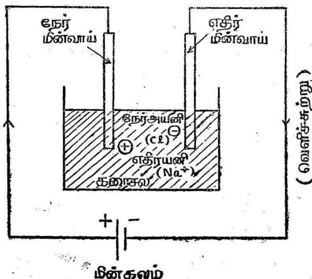


$$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-.$$

அயனிகளில் புரோட்டானின் எண்ணிக்கையும், எலெக்ட்ரானின் எண்ணிக்கையும் சமமாக இல்லாததினால், அவைகள் மின்னூட்டம் பெற்றிருக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாகச் சோடியம் அயனியில் 11 புரோட்டான்களும் 10 எலெக்ட்ரான்களும் உள்ளன. ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டம் அதிகமாக இருப்பதினால் சோடியம் அயனியை Na^+ எனக் குறிப்பிடுகிறோம். அதேபோல் குளோரின் அயனியில் ஓர் அலகு எதிர் மின்னூட்டம் அதிகமாக இருப்பதினால் குளோரின் அயனியை Cl^- எனக் குறிப்பிடுகிறோம். நேர் மின்னூட்டப்பட்ட அணுவை, நேர் மின் அயனி (positive ion) எனவும், எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட அணுவை, எதிர் மின் அயனி (negative ion) எனவும் வழங்கப்படுகின்றன. மின்னாற் பகுப்பில் மின் வாய்களுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு தருவதற்கு முன்பு, கரைசலில் உள்ள இந்த அயனிகள் எவ்வித நோக்குமின்றிச் செல்லும். மின் வாய்களுக்கிடையே மின்னழுத்தம் கொடுத்தால் நேர் மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகள் எதிர் மின் வாயை நோக்கியும், எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகள் நேர் மின் வாயை நோக்கியும் நகருகின்றன. எதிர் மின் வாயை நோக்கி நேர் மின் அயனி செல்வதால் இதனை எதிர் அயனி (cation) என்றும், நேர் மின் வாயை நோக்கி எதிர் மின் அயனி செல்வதால் நேரயனி (anion) என்றும் கூறுவர். இங்ஙனம் ஒரு சேர்மம் (compound) அயனிகளாகப் பிரிவதை அயனியாதல் (ionisation) என்பர்.

மேலும் அயனிகள் அந்தந்த மின் வாய்களை அடையும் பொழுது, தங்களுடைய மின்னூட்டங்களை (charges) அவற்றிற்குக் கொடுத்து விட்டுத் தன்னிச்சையான (free) அணுக்களாக

வெளியேறும். சில சமயங்களில் வெளியேற்றப்பட்ட அணுக்கள் மின் வாய்களுடன் சேர்ந்தோ அல்லது மின்பகு கரைசலில் கலந்தோ வேதியல் வினையை உண்டாக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, சாதாரண உப்பை (சோடியம் குளோரைடு) எடுத்துக் கொள்வோம். அது நீரில் கரையும்பொழுது, நேர் மின்னூட்டப்பட்ட சோடியம் அயனியாகவும் (Na^{+}) எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட குளோரின் அயனியாகவும் (Cl^{-}) பிரிகின்றது என்று பார்த்தோம். படத்தில் காட்டியபடி இரு மின் வாய்களை இக் கரைசலில் அழுத்தி அவற்றை மின் கலத்துடன் இணைத்து, மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால், எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட குளோரின் அயனி அதாவது நேரயனி) நேர் மின் வாயை நோக்கிச் சென்று, அங்கு ஓர் எலெக்ட்ரானை இழந்து, குளோரின் அணுவாக மாறுகிறது. அதே சமயத்தில் நேர் மின்னூட்டப்பட்ட சோடியம் அயனி (அதாவது எதிரயனி) எதிர் மின் வாயை நோக்கிச் சென்று, ஓர் எலெக்ட்ரானை ஏற்றுச் சோடியம் அணுவாக மாறுகிறது. இங்ஙனம்



படம் 3-4.

அயனியாதல்

நேரயனிகள் நேர் மின் வாயில் இழந்த எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை, எதிரயனிகள் எதிர் மின் வாயில் ஏற்றுக் கொண்ட எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் சமமாயுள்ளது. அதாவது கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திற்கு வெளிச் சுற்றதரில் (external circuit) செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை நிலையானது. எனவே மின்கலம், நேர் மின் வாயை வந்தடைந்த எலெக்ட்ரான்

களை, எதிர் மின் வாய்க்கு அனுப்பும் எலெக்ட்ரான் இறைப்பியாக (pump) அமைந்துள்ளது. மேலும் நேர் மின் வாயை வந்தடைந்த குளோரின் அயனி, ஓர் எலெக்ட்ரானை இழந்து, தன்னிச்சையான குளோரின் அணுவாய் மாறி, மற்றொரு குளோரின் அணுவோடு சேர்ந்து, குளோரின் மூலக் கூறாகி, நேர் மின் வாயில் குளோரின் வாயுவாக வெளியேறுகிறது. எதிர் மின் வாயை நோக்கிச் சென்ற சோடியம் அயனி, ஓர் எலெக்ட்ரானை ஏற்றுச் சோடியம் அணுவாக மாறி, கரைசலில் உள்ள நீருடன் வினைபட்டுச் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடையும் (NaOH), ஹைட்ரஜனையும் (H_2) கொடுக்கின்றது. ஆகையால் ஒரு கரைசலில் மின்சாரம் கடத்தப்படுவதற்கு அயனி களின் நகர்வே காரணமாக அமைகிறது. ஒரு கரைசலின் கடத்துந் திறன் அந்த மின்பகு கரைசலின் தனி அணுக்களுக்கு (free atoms) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

3-5. ஃபாரடேயின் மின் பகுப்பு விதிகள் (Faraday's Laws of Electrolysis).

3-5-1 முதல் விதி: மின் பகு கரைசலின் வழியாக மின் சாரம் செல்லும் பொழுது வெளிப்படும் தனிமத்தின் எடை, அந்த மின்சாரத்தின் அளவுக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

Q கூலம் மின்சாரம், ஒரு மின் பகு கரைசலினூடே செல்லும் பொழுது, W கிராம் தனிமம் வெளியேற்றப்படுமாயின், ஃபாரடே யின் முதல் விதியின் படி

$$W \propto Q \ldots\ldots\ldots \qquad \ldots 3{\cdot}1$$

$$\propto It \cdot (\because \quad Q = It)$$

$$\therefore \quad W = Z \cdot It \ldots. \qquad \ldots 3{\cdot}2$$

இதில் Z என்பது ஒரு மாறிலி. இதுவே ஒரு தனிமத்தின் மின் வேதிய இணைமாற்று. (electro chemical equivalent).

சமன்பாடு (3-2)-ல் $I = 1$, $t = 1$, என்றால் $Z = W$ ஆகும். இதிலிருந்து ஒரு தனிமத்தின் மின் வேதிய இணைமாற்றை (electro chemical equivalent) கீழ்க் கண்டவாறு வரையறுக் கலாம்.

ஒரு மின்பகு கரைசலின் வழியாக ஓரலகு கால நேரத்தில், ஓரலகு மின்னோட்டம் செல்லும்பொழுது, வெளியேற்றப்படும் தனிமத்தின் எடை, அத் தனிமத்தின் மின் வேதிய இணைமாற்று

ஆகும். அல்லது ஒரு கூலம் மின்சாரம் ஒரு மின்பகு கரைசலில் செல்லும்பொழுது வெளிப்படும் தனிமத்தின் எடை அந்த தனிமத்தின் மின் வேதிய இணைமாற்று என்று சொல்லப்படும். இதனை கிராம்/கூலம் என்ற அலகினால் குறிப்பிட்டால் மிகச் சிறிய அளவாக இருக்கும். எனவே இதனை மில்லி கிராம்/கூலம் என்ற அலகினால் குறிப்பிடுவர். இந்த மில்லி கிராம் / கூலம் என்ற அலகினை கிலோ கிராம்/1000 ஆம்பியர் மணிகள் என்ற அலகுக்கும் மாற்றலாம். அதாவது

$Z = W$ மில்லி கிராம்/கூலம் என்றால்

$Z = W \times 10^{-6} \times 3600 \times 10^{3}$ கிலோகிராம்/1000 ஆம்பியர் மணிகள்.

$= 3 \cdot 6\, W$ கி.கிராம்/1000 ஆம்பியர் மணிகள்.

3·5-2. இரண்டாவது விதி

பல்வேறு மின்பகு கரைசல்களின் வழியாக ஒரே அளவுள்ள மின்சாரம் செல்லும்பொழுது வெளியேற்றப்படும் தனிமங்களின் எடைகள் அந்தந்தக் கரைசல்களின் வேதிய இணைமாற்றுக்கு (chemical equivalent) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\text{வேதிய இணைமாற்று} = \frac{\text{அணு எடை}}{\text{இணை திறன்}} = \frac{a}{v} \quad \ldots (3\text{-}3)$$

வேதிய இணைமாற்றுகள் முறையே E_1, E_2 அளவுகள் கொண்ட இரு கரைசல்களினூடே ஒரே அளவுள்ள Q கூலம் மின்சாரம் செல்லும்போது வெளியேற்றப்படும் தனிமங்களின் எடைகள் முறையே W_1, W_2 என வைத்துக் கொள்வோமேயானால், ஃபாரடேயின் இரண்டாவது விதிப்படி

$$\frac{W_1}{E_1} = \frac{W_2}{E_2} = \text{ஒரு மாறிலி.} \quad \ldots (3\text{-}4)$$

இவ்விரு கரைசல்களின் மின் வேதிய இணைமாற்றுகள் (electro (chemical equivalent) முறையே Z_1, Z_2 ஆகக் கொள்வோமாயின்,

$$W_1 = Z_1 Q. \quad \ldots (3\text{-}5)$$

$$W_2 = Z_2 Q. \quad \ldots (3\text{-}6)$$

இவற்றைச் சமன்பாடு (3-2-1)-ல் சரியீடு செய்தால்

$$\frac{Z_1 Q}{E_1} = \frac{Z_2 Q}{E_2} = \text{ஒரு மாறிலி} \quad \ldots (3\text{-}7)$$

$$\text{அல்லது } \frac{Z_1}{E_1} = \frac{Z_2}{E_2} = \text{ஒரு மாறிலி} \quad \ldots (3\text{-}8)$$

$$\text{அல்லது } \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{E_2}{E_1} \quad \ldots (3\text{-}9)$$

$$\therefore \; Z \propto E \quad \ldots (3\text{-}10)$$

ஆகவே, ஒரு தனிமத்தின் மின் வேதிய இணைமாற்று (Z) அதனுடைய வேதிய இணை மாற்றுக்கு (E) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

3·5-3. ஃபாரடேயின் மாறிலி: சமன்பாடு 3-10-லிருந்து

$$Z \propto E$$

$$\propto \frac{a}{v} \quad \ldots (3\text{-}11)$$

$$Z = B \cdot \frac{a}{v} \quad \ldots (3\text{-}12)$$

இதில் B என்பது ஒரு மாறிலி.

ஹைட்ரஜனின் இணை திறன் (v) = 1. அதன் அணு எடை (a) = 1. $\therefore$ $B = Z$. ஆகையால் B-யின் மதிப்பு, ஹைட்ரஜன் வாயுவின் மின்வேதிய இணைமாற்றுக்குச் சமம். அல்லது B-யின் மதிப்பு ஒரு கூலம் × மின்சாரத்தினால் வெளிப்படுத்தப்பட்ட ஹைட்ரஜன் எடைக்குச் சமமாகும். இதன் அளவு = 0·0000104 கிராம்/கூலம்.

சமன்பாடு (3-12) ஐ

$Z = \frac{1}{F} \cdot \frac{a}{v}$. என்றும் குறிப்பிடலாம்.

$$\text{அல்லது } Z = \frac{1}{F} \cdot E \left(\because \; E = \frac{a}{v} \; 3\cdot13 \right)$$

இதில் F என்பது $\because$ பாரடேயின் மாறிலி. E என்பது வேதிய இணைமாற்று அல்லது இணைமாற்று எடை.

F-ன் மதிப்பு $= \frac{1}{0 \cdot 0000104}$ அல்லது 96500.

எடுத்துக் காட்டாக தாமிரத்தின்

வேதிய இணைமாற்று $(E_c) = 31 \cdot 8.$

தாமிரத்தின் மின்வேதிய இணைமாற்று $(Z_c) = 0 \cdot 000329.$

$$\because \frac{E_c}{Z_c} = \frac{31 \cdot 8}{0 \cdot 000329} = 96{,}500.$$

அதேபோல் வெள்ளியின் வேதிய

இணைமாற்று $(E_s) = 107 \cdot 8.$

வெள்ளியின் மின்வேதிய இணைமாற்று $(Z_s) = 0 \cdot 0011181.$

$$\because \frac{E_s}{Z_s} = \frac{107 \cdot 8}{0 \cdot 0011181} = 96{,}500$$

ஆகவே, எல்லாப் பொருள்களிலும் ஒரு கிராம் இணைமாற்று எடையை (அல்லது வேதிய இணைமாற்று) வெளியேற்றக் கிட்டத் தட்ட ஒரே அளவுள்ள மின்சாரம் (அதாவது 96,500 கூலம்கள்) தேவைப்படுகிறது. என்ற உண்மையை ∵ பாரடேயின் இரண்டாவது விதியிலிருந்து நாம் அறிந்துகொள்கிறோம். அந்தக் குறிப்பிட்ட அளவு மின்சாரம் ஒரு ஃபாரடேயின் மின்சாரம் எனப்படும்.

மேலும், ஒரு கிராம் அணு எடையில் அடங்கிய அணுக்களின் எண்ணிக்கை, அவகாட்ரோ (Avogadro) கொள்கைப்படி $6 \cdot 02 \times 10^{23}$ ஆக இருக்கும். எனவே, ஓரணுத்திறன் தனிமத்தில் ஓர் அணுவை வெளிப்படுத்தத் தேவைப்படும் மின்னூட்டம் $e = \frac{96500}{6 \cdot 02 \times 10^{28}}$

$= 16 \times 10^{-19}$ கூலம்கள்

அதேபோல் ஈரணுத்திறன் தனிமத்தில் ஓர் அணுவை வெளிப்படுத்தத் தேவையான;

மின்னூட்டம் $= \frac{96500}{6 \cdot 02 \times 10^{23}} \times 2$

$= 2 \times 1 \cdot 6 \times 10^{-19}$ கூலம்கள் $= 2e$ ஆகும். பல்வேறு தனிமங்களின் அணுஎடை, இணைமாற்று (அல்லது இணைமாற்று எடை) மின்வேதிய இணைமாற்று, கரைசல்கள், மின் அடர்த்தி, கரைசல்களின் வெப்பநிலை ஆகியவைகளை அட்டவணை 3-1. காட்டுகிறது.

அட்டவணை 3-1.

Sl. No.	தனிமம் (Element)	அணு எடை (Atomic weight) (a)	இணைதிறன் (Valency) (v)	வேதிய இணைமாற்று (Chemical equivalent) $E = \frac{a}{v}$	மின்வேதிய இணைமாற்று (மி. வே. இ.) (Electro chemical equivalent) Z மி. கி/கூலம்	கரைசல் (Solution)	மின்னோட்ட அடர்த்தி எண் (Current density) ஆம்பியர்கள்/ச.மீ.	கரைசலின் வெப்பநிலை
1.	கேட்மியம்	112·41	2	56·2	0·582	கேட்மியம் ஆக்ஸைடும் சோடியம் சையனைடும்	100—150	தண்மை (cold) அல்லது வெது வெதுப்பு (warm)
2.	குரோமியம்	52·01	6	8·75	0·91	குரோமிக் அமிலம்	1500—2000	35°C
3.	தாமிரம் (சல்ஃபேட் கரைசலிலிருந்து	63·6	2	31·8	0·329	தாமிர சல்ஃபேட்	250—300	தண்மை அல்லது வெது வெதுப்பு

4	தாமிரம் (சயனைடு கரைசலிலிருந்து)	63·6	1	63·6	0·658	கூப்ரஸ் (cuprous) சயனைடும் சோடியம் சயனைடும்	30—40	50°C
5	பொன்	197	3	65·4	0·6768	பொட்டாசியம் சயனைடும் பொன் சயனைடும்	100—300	(0—80°C
6	இரும்பு	55·8	2	27·9	0·29	ஃபெரஸ் சல்ஃபேட்	100—200	90°C
7	வெள்ளீயம்	207·21	2	103·6	1·0716	வெள்ளீய போரேட்டு ((Lead Borate) அல்லது ஃபுளியோசிலிகேட் (Fluo silicate)	100—200	தண்மை
8	நிக்கல்	58·71	2	29·35	0·3053	நிக்கல் சல்ஃபேட்	100—200	50°—60°C
9	வெள்ளி	107·88	1	107·88	1·1181	வெள்ளி சயனைடும் சோடியம் சயனைடும்	30—60	தண்மை
10	துத்த நாகம்	65·38	2	32.7	0·34	துத்தநாக சல்ஃபேட்	200—300	தண்மை
11	தகரம்	118·6	2	59·3	0·615	சோடியம் ஸ்டனேட் (Stannate) ஸ்டானஸ் ஸ்டனேட் (Stannous stannate)	100—200	70°C

3-6. படிவங்களின் பண்புகளைப் பற்றிய காரணக் கூறுகள் (Factors governing the character of deposits)

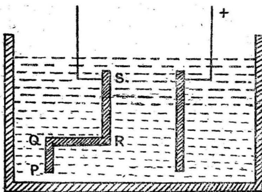
படிதல் செய்யும் கரைசல்களின் பண்புகள்: (1) எந்த உலோகம் முலாம் பூச வேண்டுமோ, அதன் கரைசலில் அந்த உலோகம் அதிகமாக இருக்க வேண்டும். (2) மின் பகு கரைசல் நல்ல மின் கடத்தியாக இருந்தால், செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்ற லின் அளவு குறையும். (3) மின்பகு கரைசல்கள், முலாம் பூசப் பட வேண்டிய பொருளுடன் மட்டுமல்லாமல், காற்றினாலும் பாதிக்கப்படாமல் நிலையாய் இருக்க வேண்டும். (4) மின்பகு கரைசலின் செறிவு மாரு நிலையில் இருக்க வேண்டும். (5) அவை கள் நன்ருக ஒட்டிக்கொள்ளும் தன்மை வாய்ந்த படிதல்களை உண்டாக்க வேண்டும். (6) அவற்றின் வீச்சு திறன் (throwing power) மிகுந்து இருக்க வேண்டும். எல்லாக் குணங்களும் ஒருங்கே அமைந்த ஒரு கரைசல் கிடைப்பது அரிது. எனினும் புதிய கரைசலைவிட, நெடுங்காலமாகப் பயன்படுத்தப்பட்ட கரைசல் மேலானது. இயற்கை வெப்பம், குளிர்ச்சி, காரணமாகக் காலப் போக்கில் ஏற்படும் இந்த மாறுபாட்டை முதிர்ச்சி (ageing) என்பர். எனினும், முலாம் பூசவேண்டிய உலோகத்தை முழுமையாகப் படிதல் செய்ய முடியாத காரணங்களில் சிலவற்றைப் பற்றிப் பார்ப்போம்.

3·6-1. வீச்சுத் திறன் (Throwing Power)

முலாம் பூசுவதின் மிக முக்கியமான பண்புகளில் இது ஒன்று. படம் 3-5-ல் காட்டியபடி வடிவு ஒழுங்கற்ற ஒரு பொருளின் மீது, மின் படிவங்கள் மூலம் சீரிசம கனத்திற்கு உலோகத்தைப் படிதல் செய்யும் மின்பகு கரைசலின் திறமைக்கு 'வீச்சுத் திறன்' என்று சொல்கிருேம். மின் முலாம் பூசும் தொட்டி ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். இத் தொட்டியின் மொத்த மின்தடை மின் பகு கரைசலின் தடைக்குச் சமமாக இருப்பதாகக் கொள்வோம். நேர் மின் வாய்க்கும், மின் முலாம் கொடுக்கப்பட வேண்டிய பொருளுக் கும் (எதிர் மின்வாய்) இடையே கொடுக்கும் மின்னழுத்த வேறு பாட்டின் அளவு நிலையானது.

ஆனல், நேர் மின் வாய்க்கும், பொருளின் PQ என்ற பகுதிக் கும் இடையேயுள்ள தூரம், அதே பொருளின் RS என்ற பகுதிக் கும் நேர் மின் வாய்க்கும் உள்ள தூரத்தைப்போல் இரு மடங்கு (படம் 3-5). ஆகையால், PQ என்ற பகுதியின் ஓரலகு பரப்பில் பாயும் மின்னேட்டத்தின் அளவு, RS என்ற பகுதியின் ஓரலகு

பரப்பில் பாயும் மின்னோட்ட அளவில் பாதியளவே இருக்கும். இதனால் *PQ* என்ற பகுதியில் படியும் உலோகத்தின் கனம், *RS* என்ற பகுதியில் படியும் உலோகத்தின் கனத்தில் பாதிதான் இருக்

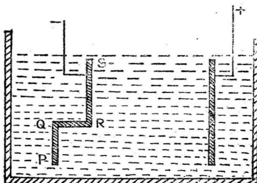


மின் முலாம் பூசும் தொட்டி

படம் 3-5.

கும். இப்படிக் கிடைக்கும் ஏற்றத் தாழ்வுடைய பூச்சைவிட, கூடு மான வரையில் அமைப்பு அல்லது வடிவத்தில் ஒழுங்கில்லாத பொருளின் மீது சரிமட்டமான பூச்சு கிடைக்கும்படி செய்வது சிறந்தது. இந்தச் சமதளமான பூச்சை இரு வழிகளில் பெறலாம்.

படம் 3-6-ல் காட்டியபடி முலாம் பூசப்பட வேண்டிய பொருளுக்கும், நேர் மின் வாய்க்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை



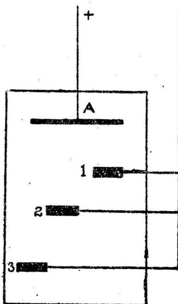
படம் 3-6.

மின் முலாம் பூசப்படுதல்

அதிகரித்தால் பொருளின் எல்லாப் பகுதிகளும் கிட்டத்தட்ட ஒரே அளவு தூரமுடையதாய் இருக்கின்றன. ஏனெனில் PQ-க்கும் RS-க்கும் இடையில் உள்ள தூரம், நேர்மின் வாய்க்கும், அப் பொருளுக்கு மிடையே யுள்ள தூரத்தோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் பொழுது, தவிர்க்கக்கூடிய அளவுக்கு அவ்வளவு சிறியதாக விளங்கு கிறது. எனவே, சரி சம அளவுடைய மின்னோட்டம் பொருளின் எல்லாப்பகுதிகளிலும் பாய்ந்து சரிமட்டமான பூச்சுக் கிடைக்கிறது.

இம் முறையினால் நேர்மின் வாய்க்கும், எதிர் மின் வாய்க்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை அதிகரிப்பதால் கொடுக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தத்தின் அளவு அதிகரிக்கிறது. எனவே, மின்னாற்றல் அதிகமாகச் செலவழிக்க வேண்டியிருக்கிறது. எனினும், நடைமுறையில் பெரும்பாலும் ஒழுங்கற்ற பொருள் களுக்கு இம் முறை முலாம் பூசப் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது.

ஒரு தனியான நேர்மின் வாய்த்தகடு A யினையும், சமபரப்புள்ள மூன்று எதிர் மின்வாய்த் தகடுகளையும் படம் 3-7-ல் காட்டியபடி



வீச்சுதிறன்

படம் 3-7.

அமைக்கவேண்டும். மூன்று எதிர்மின்வாய்த் தகடுகள் பக்க வாட்டில் இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த மூன்று தகடுகளை

முலாம் பூசப்பட வேண்டிய ஒரு பொருளின் வெவ்வேறு பகுதிகளாகக் கொள்வோம். கொடுக்கப்பட்ட கரைசலில் மின்சாரத்தைச் செலுத்தி, மின்னாற் பகுப்பு முறையில் எதிமின்வாய்த் தகடுகளில் உலோகத்தைப் படிய வைத்து ஒவ்வொரு தகட்டிலும் படிந்த உலோகத்தின் எடையைக் கணக்கிட வேண்டும். படிதல் செய்த மொத்த உலோகத்தில் ஒவ்வொன்றிலும் எவ்வளவு விழுக்காடு படிந்திருக்கின்றது என்ற விவரம் அட்டவணை 3-2-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. வெவ்வேறு மின்பகு கரைசலைக் கொண்டு இந்தப் பரிசோதனையை (test) நடத்தி, அதில் கிடைத்த பயன் முடிவுகளும் (results) அட்டவணை 3-2 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3-2.

கரைசல்	ஒவ்வொரு எதிர் மின்வாய்த் தகட்டில் படிந்த உலோகத்தின் எடை / எல்லாத் தகடுகளிலும் படிந்த மொத்த உலோகத்தின் எடை × 100		
	1	2	3
1. அமிலத்தாமிரம் (Acid copper)	58·3	30	11·7
2. துத்தநாக சல்ஃபேட் (Zinc sulphate)	62·5	34·7	2·8
3. காரத் துத்தநாக சயனைடு (Alkali zinc cyanide)	43·4	31·9	24·7

மேற்கூறிய அட்டவணையிலிருந்து நாம் அறிந்துகொள்வது என்னவென்றால், சயனைடுக் கரைசல் நல்ல வீச்சுத் திறனுடையது. எதிர் மின்வாய்த் தகடுகள், நேர்மின் வாய்க்கு அருகிலோ அல்லது தூரத்திலோ வைக்கப்பட்டாலும் சயனைடுக் கரைசல் கிட்டத்தட்ட சம அளவான பூச்சு கொடுக்கும் ஆற்றல் வாய்ந்தது. ஆனால் தாமிரம், துத்தநாகம் போன்றவற்றின் சல்ஃபேட் கரைசல்களின் மூலம் கிடைக்கும் பூச்சுமானம் அதிகமான அளவு மாறுபட்டிருப்பதால் அவற்றின் வீச்சுத் திறன் குறைவானது. துத்தநாக சயனைடில் (zinc cyanide) எரிகாரத்தைச் (alkali) சேர்ப்பதின் மூலம் ஒழுங்கற்ற பொருளின் மீது சீரான பூச்சு கிடைக்கும்.

அதாவது ஒழுங்கான பொருள்களுக்குத் துத்தநாக முலாம் பூச, துத்தநாக சல்ஃபேட் கரைசலையும், ஒழுங்கீனமற்ற பொருள்

களுக்குத் துத்தநாக சயனைடுக் கரைசலையும் பயன்படுத்துவது சிறந்தது என்று புலனாகிறது.

எனவே, மின்பகு கரைசலின் வீச்சுத் திறனைக் கண்டுபிடிக்க மூன்று காரணக் கூறுகள் (factors) உள்ளன. ஒன்று மின் வாய்களுக்கிடையே யுள்ள தூரம், இரண்டாவது ஒழுங்கற்ற பொருளின் மேல் பரப்பின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் வெவ்வேறான மின்னோட்ட அடர்த்தி எண்கள் தேவைப்படுவதால், அப் பகுதிகளில் மின்னோட்டப் பயனுறு திறன்களும் மாறுபடுகின்றன. இதனால் படிதல் செய்யும் உலோகத்தின் எடை பாதிக்கப்படுகிறது. மூன்றாவது மின்பகு கரைசலில் இருந்து உலோகத்தைப் பிரித்தெடுக்கும் போது ஏற்படும் இடையூறு அல்லது தடை. எடுத்துக்காட்டாக தாமிரத்தை அமிலக் கரைசலிருந்து பிரிப்பதைக் காட்டிலும் சயனைடுக் கரைசலிலிருந்து பிரிப்பது மிகவும் கடினம். இத்தகைய இடர்ப்பாட்டினை எதிர் மின்வாய் மின்னழுத்தம் (cathode potential) என்பர்.

3·6-2. சேர்ப்பு இயக்கிகள் (Addition Agents)

அமிலம் அல்லது இதர பொருள்களை மின்பகு கரைசலில் சேர்ப்பதின் மூலம், மின்பகு கரைசலின் தடையைக் குறைக்கலாம் என்று முன்பு பார்த்தோம். அதேபோல் வேறு வகையான சேர்ப்பு இயக்கிகளைக் கொண்டு உலோகத்தைப் படிதல் செய்யும் தன்மையை அதிகரிக்கலாம். இப்படிப்பட்ட பொருள்கள் எந்த வேதியியல் வினைகளுக்கும் உட்படுவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக குளுக்கோஸ் (glucose) அல்லது சர்க்கரையின் சில வகைகளைத் துத்தநாக சல்ப்பேட்டில் சேர்ப்பதின் மூலம், படிதல் செய்யும் தன்மையை அதிகரிக்கலாம். அதேபோல் வெள்ளிக் கரைசலில் (silver solution) கார்பன் டைசல்பைடையும், வெள்ளீய பெர்குளோரேட் கரைசலில் பெப்டோனையும் (pepton) சேர்ப்பர்.

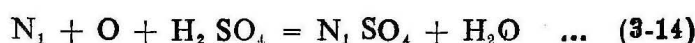
3-6-3. தொட்டிகளைச் சூடாக்கல்

அட்டவணை 3-1-ல் காட்டியபடி மின் முலாம் பூசுவதற்கு முன்பு மின்பகு கரைசல்களைச் சரியான வெப்பநிலைகளில் வைக்கப் பட வேண்டும். இக் கரைசல்களை, நீராவி, மின் சூடாக்கம் கொண்டு சூடு படுத்தலாம். சூடுபடுத்துவதற்கு உபயோகிக்கப் படும் குழாய்களை, அல்லது மின் வடங்களைத் (cables) தொட்டிக்கு அடியில் அமைக்க வேண்டும். அப்படி உபயோகப்படுத்தப்படும் குழாய்களோ அல்லது வடங்களோ, கரைசலில் உள்ள வேதிப் பொருள்களினால் பாதிக்கப்படாதவாறு இருத்தல் வேண்டும்.

3·6·4. தள விளைவு (Polarisation)

தள விளைவு என்பது மின்னாற் பகுப்பின்போது சிதைவுற்ற பொருள்கள் முன்னிலைக்கு மீள்வுறும் போக்கைக் குறிக்கும் சொல் லாகும். எடுத்துக்காட்டாக நீரை மின்னாற் பகுத்தால், ஹைட்ரஜன் எதிர் மின் வாயிலும், ஆக்ஸிஜன் நேர் மின் வாயிலும் கிடைக் கின்றன. இங்ஙனம் பிரிக்கப்பட்ட பொருள்கள் முந்திய நிலைக்கு வந்தடையும் பொருட்டு மீண்டும் ஒன்றுசேர முயல்கின்றன. இங்ஙனம் முன்னிலைக்கு மீள்வுறும் போக்கை மின் இயக்கு விசை யால் (e. m. f.) அளக்கலாம். இப்படி அளவிடப்படும் மின்னியக்கு விசையின் திசை, நீரைப் பகுப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த திசைக்கு எதிராக இருக்கும்.

தாமிரத்தை மின்வாய்களாகக் கொண்ட தாமிர சல்ஃபேட் கரைசலில் சிதைவு ஏற்படாததினால் இப்படிப்பட்ட போக்குக்கு இடமில்லை. ஏனெனில், எதிர் மின் வாயில் படியும் தாமிரத்தின் அளவுக்குச் சமமாகத் தாமிரம், நேர்மின் வாயிலிருந்து கரைகிறது. ஆனால், நிக்கல் கரைசலில் சிறிய மாசு படிந்த கரைசல் இருப்ப தால் நேர்மின் வாயில் ஆக்ஸிஜனும், கந்தக அமிலமும் கிடைக் கின்றன. எதிர்மின் வாயில் படியும் நிக்கலோடு, இவைகள் கீழ்க் கண்ட முறையில் வினைப்பட்டு, மீண்டும் ஒன்று சேர்ந்து நிக்கல் சல்பேட்டாகிறது.



$$N_1 + O + H_2 SO_4 = N_1 SO_4 + H_2O \quad \ldots \quad (3\text{-}14)$$

அப்படிப்பட்ட கரைசலில் மின்னோட்டத்தை நிறுத்தினாலும், மின் வாய்களுக்கிடையே மின்னழுத்தம் இருப்பதை வோல்ட் மீட்டர் கொண்டு கண்டறியலாம். இந்த மின்னழுத்தம் பிரிக்கப் பட்ட பொருள்கள் ஒன்று சேரும் போக்கினைக் குறிக்கும். அதா வது இந்த அளவு வோல்ட்டுகள் கொண்ட மின்னழுத்தம் கொடுத் தால், வெளிச் சுற்றில் மின்னோட்டமிராது என்பதாகும். இந்த அளவு மின்னழுத்தம் தளவிளைவு காரணமாக ஏற்படுகிறது என் பது புலனாகிறது. மின் வாய்களைச் சுற்றியுள்ள கரைசலின் வேதியல் இயைபு (chemical composition) மாற்றத்தினால் இந்த விளைவு ஏற்படுவதால் இதனை "வேதியியல் தளவிளைவு" (chemical polarisation) என்று சொல்லலாம். இதைத் தவிர "அடர்வுத் தள விளைவு" (concentration polarisation) என்ற மற்றொரு வகையும் உண்டு. இது எல்லா வகை மின் மூலாம் கரைசல்களிலிருந்தாலும், இதனால் பூச்சு அவ்வளவாகப் பாதிக் கப்படுவதில்லை.

தாமிர மின் வாய்களைக் கொண்ட தாமிரக் கரைசலை எடுத்துக் கொள்வோம். தாமிர அயனி நகரும் திசை வேகம் (velocity) மிகக் குறைவாயிருப்பதால், நேர் மின்வாயருகே கரைசலின் செறிவு அதிகமாகவும், எதிர் மின்வாயருகே குறைவாகவும் இருக் கும். எனவே, இரு மின் வாய்களினருகே உள்ள கரைசலின் செறிவு சரிசமமாக வேண்டும் என்ற போக்கு (tendency to equalise) ஏற்படுகிறது. அதாவது எதிர் மின் வாயில் தாமிரக் கரைசலின் செறிவைக் கூட்டியும், நேர் மின் வாயருகே செறிவைக் குறைத்தும், ஒரே சீரான கரைசலின் செறிவுக்குக் கொணரக் காரணமாய் உள்ள விளைவுகளே இந்த அடர்வுத் தள விளைவுகள். நன்றாகக் கலக்கியோ அல்லது கிளறிவிடுவதன் மூலமோ இக் குறையைப் போக்கலாம். அல்லது கரைசலில் மின்னோட்டத்தை எதிர்த் திசையில் சிறிது நேரம் செலுத்துவதின் மூலம், மின் வாய் களின் அருகேயுள்ள கரைசல்களின் செறிவைச் சரி சமமாக்கித் தளவிளைவுச் செயலைத் தவிர்க்கலாம்.

3-7. வரை விலக்கணங்கள்

மின் பகுப்பில் பயன்படுத்தப்படும் சில முக்கிய சொற்கூறு களுக்கு வரை விலக்கணம் காண்போம்.

3.7-1. மின்னோட்ட பயனுதிறன் (Current efficiency)

ஃபாரடேயின் முதல் விதியின் படி, ஒரு மின்பகு கரைசலின் வழியாக மின்சாரம் செல்லும்பொழுது வெளிப்படும் தனிமத்தின் எடை $W = ZIt$ என்ற சமன்பாட்டில் கிடைக்கும் என்று பார்த் தோம். ஆனால், நடைமுறையில் வெளியேற்றப்படும் தனிமத்தின் எடை சிறிது குறைந்தே காணப்படும். வெளியேற்றப்படும் தனிமங்களுடன் சிறிதளவு அசுத்தங்களும் வெளியேற்றப்படுவதே இதற்குக் காரணம்.

ஆகவே, மின்னோட்ட பயனுறுதிறன் =

$$= \frac{\text{நடைமுறையில் உண்மையாக வெளியேற்றப்படும் பொருளின் எடை.}}{\text{அறிமுறையில் வெளிப்படும் பொருளின் எடை,}}$$

இதன் மதிப்பு 90 முதல் 98 விழுக்காடுக்கு (percetnage) உட்பட்டது.

3-7-2. மின்னழுத்தம்

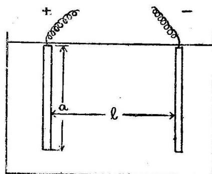
மின் பகுப்பு கலத்தினூடே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்து வதற்குத் தேவையான சிறும மின்னழுத்தம், மின்பகு கரைசலின்

தடையினுல் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி, நேர்மின்வாய்த் தகட்டின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி, எதிர் மின்வாய்த் தகட்டின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி ஆகிய இந்த மூன்று மின்னழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். V_A என்பது கரைசலின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியாகவும், V_B என்பது இரு மின்வாய்களின் மொத்த மின்னழுத்தமாகவும், மின்கலத்தினிடையே வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம் E என்றும் எடுத்துக்கொண்டால் $E = V_A + V_B$ ஆகும். ... [3-15]

கரைசலின் தன் தடை எண் (Specific resistance) (ρ)

மின்பகு கரைசலின் தடையை, அக் கரைசலின் தன் தடை எண் (specific reristance) (ρ) குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு (a) மின்னேட்டப் பாதையின் நீளம் (l) இவற்றைக் கொண்டு கண்டு பிடிக்கலாம். மின்பகு கரைசலின் தடை $R = \frac{\rho \times l \text{ (cm)}}{a \text{ (cm}^2\text{)}}$ ... [3-16]

இந்தக் கரைசலின் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி எந்த அளவில் குறைகிறதோ அந்த அளவுக்கு இணையாக செலவழிக்கப்படும் மின்னுற்றலின் அளவும் குறைகிறது. ஆகையால்தான் சில மின் கடத்தும் இயக்கிகளைக் (conducting agents) கரைசலில் சேர்ப்பதின் மூலம் அக் கரைசலின் மின் தடையைக் குறைக்க முடிகிறது. எடுத்துக்



படம் 3-8.
கரைசலின் தன்தடை எண் காணல்

காட்டாக தாமிரமுலாம் பூசுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் தாமிர சல்ஃபேட் கரைசலில் நீர்த்த கந்தக அமிலத்தைச் சேர்க்கிருர்கள்.

உலோகங்களின் மின் தடைகளோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கையில், மின்பகு கரைசல்களின் தடைகள் மிகவும் அதிகமானதே. எடுத்துக்

காட்டாக ஒரு லிட்டர் நீரில் 49 கிராம் நைட்ரஜன் சல்பேட் கரைந்திருக்குமானால் அக் கரைசலின் இயல்பு எண் (normality factor) I. N. ஆகும். அப்படிப்பட்ட கரைசலின் தன் தடை எண் (specific resistance) 5·05 ஆகும். அதாவது தாமிரத்தின் தன் தடை எண்ணைப் (specific resistance) போல் கிட்டத்தட்ட 3,000,000 மடங்குகளாகும்.

அட்டவணை 3-3-ல் பல்வேறு வகையான கரைசல்களின் தன் தடை எண், மின் கடத்துந்திறன் ஆகியவைகள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3-3.

மின்பகு கரைசல்	தன் தடை எண் ஓம்கள்/செ.மீ.	மின் கடத்துள் திறன்
1. தாமிர சல்பேட்டு (தெவிட்டிய நிலை (Saturated)	29·3	0·0341
2. தாமிர சல்பேட்டு (இயல்பான நிலை (Normal)	38·8	0·0258
3. துத்தநாக சல்பேட்டு (தெவிட்டிய நிலை)	33·7	0·0296
4. ,, (இயல்பான நிலை)	32·1	0·0311
5. சோடியம் குளோரைடு I.N.	13·4	0·07435
6. பொட்டாசியம் குளோரைடு I.N.	10·18	0·0982
7. கந்தக அமிலம் I.N.	5·05	0·198
8. நைட்ரிக் அமிலம் I.N.	3·226	0·310

மின் வாய் மின் அழுத்தம் (Electrode potential)

நேர்மின் வாய்க்கும் மின்பகு கரைசலுக்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கிறது. இந்த வேறுபாடு நேர்மின் வாயாகப் பயன்படுத்தப்படும் உலோகம் கரைசலில் கரைவதைக்

குறிக்கிறது. அதேபோல் எதிர் மின்வாய்க்கும் மின்பகு கரைச லுக்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கிறது. இவற்றையே மின்வாய் மின்னழுத்தம் (electrode potential) என்பர். இதன் மதிப்பு, வெப்பநிலை, கரைசலின் அடர்வு (concentration) எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட உலோகம், கரைசல் ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக் கிறது. அநேகமாக எல்லாப் பொருள்களின் மின்வாய் மின் அழுத்தத்தின் மதிப்பும் 0·5 முதல் 1·0 வோல்ட் வரை இருக்கும்.

கீழ்கண்ட அட்டவணை 3-4-ல் சில தனிமங்களின் மின் வாய் மின்னழுத்தங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3-4.

தனிமம்	குறியீடு	மின்வாய் மின்னழுத்தம் (வோல்ட்)
துத்த நாகம்	Zn	− 0·76
இரும்பு	Fe	− 0·43
கேட்மியம்	Cd	− 0·40
நிக்கல்	Ni	− 0·22
தாமிரம்	Cu	+ 0·33
பாதரசம்	Hg	+ 0·79
வெள்ளி	Ag	+ 0·8
ஹைட்ரஜன்	H	0·00

ஒரு மின்பமுப்பு கலத்தினூடே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தத் தேவையான, மொத்த மின்னழுத்தம் 1 வோல்ட்டிலிருந்து 2 வோல்ட்டு வரை இருக்கும்.

3-7-3. மின்னாற்றல் பயனுறுதிறன் (Energy efficiency)

உலோகங்களை வெளிப்படுத்த அல்லது எதிர் மின்வாயில் படிய வைக்க, மின் பகுப்பின்பொழுது, மின்வாய்களுக்கிடையே கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் உண்மையான அளவு அறி முறையில் கிடைக்கும் மதிப்பினைவிட அதிகமாக இருக்கும். மின்பகு கரைசலில் ஏற்படும் துணை எதிர்வினைகளே (secondary reactions)

இந்த மின்னழுத்த வீழ்ச்சியின் அதிகரிப்புக்குக் காரணமாகிறது. இதனால் நடைமுறையில் செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு அதிகரிக்கிறது.

$$\text{மின்னாற்றல் பயனுறுதிறன்} = \frac{\text{அறிமுறையில் கிடைக்கும் மின்னாற்றல்}}{\text{நடைமுறயில் உண்மையாகத் தேவைப்படும் மின்னாற்றல்}} \quad \ldots \quad (3\text{–}17)$$

3-7-4. எடுத்துக்காட்டுக் கணக்குகள்

எடுத்துக்காட்டு 1

6·5 செமீ. விட்டமும் 30 செ மீ. நீளமும் கொண்ட தேய்வுற்ற ஓர் இயந்திரச் சுழல் தண்டினைச் (shaft) செப்பனிடும் பொருட்டு, அதன் மேற்பரப்பில் 0·25 செமீ. கனமுள்ள நிக்கல் முலாம் மின் படிவ முறையில் பூசப்பட வேண்டும். மின்னோட்ட அடர்த்தி 250 ஆம்பியர்கள்/ச.மீ. என்றால், தேவைப்படும் மின்சாரத்தின் அளவினையும், எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட நேரத்தினையும் மதிப் பிடுக. மின்னோட்டத்தின் பயனுறு திறன் 90 சதவீதமெனக் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B.E. ஏப்ரல் 1972)

$$\text{இயந்திரச் சுழல் தண்டின் மேற்பரப்பு} = \pi \times d \times l$$

$$= \pi \times \frac{6\cdot5}{100} \times \frac{30}{100} = 0\cdot06125 \text{ ச.மீ.}$$

$$\text{தேவையான மின்னோட்ட அளவு} = 250 \times 0\cdot06125$$

$$= 15\cdot31 \text{ ஆம்பியர்கள்}$$

நிக்கலின் அடர்த்தி எண் 8·9 கி/செமீ எனக் கொண்டால் படிய வைக்க வேண்டிய நிக்கலின் எடை $= (\pi\, d\, l) \times t \times s$

$$= \pi \times 6\cdot5 \times 30 \times 0\cdot25 \times 8\cdot9 = 1362 \text{ கிராம்}$$

நிக்கலின் மின் வேதிய இணைமாற்று = 0·3041 கிராம்/கிலோ கிராம் எனக் கொண்டால், 1362 கிராம் நிக்கலை வெளிப்படுத்தத்

தேவைப்படும் மின்சாரத்தின் அளவு

$$= \frac{1362}{0.3041} = 4481 \text{ கிலோ கூலம்}$$

$$= \frac{4481 \times 1000}{3600} = 1245 \text{ ஆம்பியர் மணிகள்}$$

எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட நேரம் $= \frac{1245}{15.31} = 81.3$ மணிகள்

உண்மையாகத் தேவைப்படும் மின்னோட்ட அளவு

$$= \frac{15.31}{0.9} = 17.01 \text{ ஆம்பியர்கள்}$$

∴ உண்மையாகத் தேவைப்படும் மின்சாரத்தின் அளவு

$$= 17.01 \times 81.3 \text{ ஆம்பியர் மணிகள்}$$

$$= 17.01 \times 81.3 \times \frac{3600}{1000}$$

$$= 4979 \text{ கிலோ கூலம்}$$

எடுத்துக்காட்டு 2

1·5 சதுர மீட்டர் பரப்புள்ள ஓர் இரும்புத் தகட்டின் மேற்புறத்தில், ஒரு மணியில் 0·03 மில்லி மீட்டர் கனம் தாமிர மின் முலாம் பூசப்பட வேண்டும். கொடுக்கப்பட்ட மொத்த மின்வாய் மின்னழுத்தம் 0·5 வோல்ட்டு. மின்பகு கரைசலின் தடை = 0·002 ஓம் என்றால், தேவைப்படும் உள்ளீட்டு மின்திறனைக் கண்டுபிடிக்கவும். மின்னாற்றலின் பயனுறுதிறன் 0·85 ஆகவும், தாமிரத்தின் மின்-வேதிய இணைமாற்று 0·329 மில்லி கிராம்/கூலம் எனவும் கொள்க.

(சென்னை பல்கலைக் கழகம் B.E. மார்ச்சு 1966)

தாமிரத்தின் அடர்த்தி எண் 8·96 கிராம்/செ.மீ³ எனக் கொண்டால், ஒரு மணி நேரத்தில் படிய வைக்கக் கூடிய தாமிரத்தின் எடை $= A \times t \times S = 1.5 \times 10^4 \times \frac{0.03}{10} \times 8.96$

$$= 403.2 \text{ கிராம்}$$

ஒரு மணி நேரத்தில் செலவழிக்கப்பட வேண்டிய மின்சாரத்

தின் அளவு $= \dfrac{403 \cdot 2}{0 \cdot 329 \times 10^{-3}} = 1226 \times 10^{3}$ கூலம்

$$= \frac{1226 \times 10^{3}}{3600} = 340 \cdot 4 \text{ ஆம்பியர் மணிகள்}$$

$\therefore$ மின்னோட்டம் $(I) = \dfrac{340 \cdot 4}{1} = 340 \cdot 4$ ஆம்பியர்கள்

மொத்த மின்னழுத்தம் (V) = இரு மின்வாய்களின் மின்ன ழுத்தம் + கரைசலில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி

$$= 0 \cdot 5 + 340 \cdot 4 \times 0 \cdot 002$$

$$= 0 \cdot 5 + 0 \cdot 6808 = 1 \cdot 1808 \text{ வோல்ட்டு}$$

தேவைப்படும் மின்னாற்றல் $= V \times I$

$$= 1 \cdot 1808 \times 340 \cdot 4$$

$$= 4020 \text{ வாட்கள்} = 4 \cdot 02 \text{ கிலோ வாட்கள்}$$

உண்மையாகத் தேவைப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு

$$= \frac{4 \cdot 02}{0 \cdot 85} = 4 \cdot 73 \text{ கிலோ வாட்கள்}$$

எடுத்துக்காட்டு 3

தாமிரத்தைத் தூய்மையாக்கும் ஓர் ஆலையில் 300 மின்பகுப்புக் கலன்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு மின்கலத்திலிருந்து 4500 ஆம்பியர்கள் மின்னோட்டம் பெறலாம். ஒரு மின்கலத்தின் மின்னழுத்தம் = 0·25 வோல்ட்டு. இச் சாதனம் ஒரு வாரத்திற்கு 50 மணி நேரம் ஓடினால், ஒரு ''மெட்ரிக் டன்'' (metric ton) அளவு தாமிரத்தைத் தூய்மைப்படுத்தச் செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்ற லின் அளவினைக் கண்டுபிடி. தாமிரத்தின் மின் வேதிய இணை மாற்று 0·3281 மில்லி கிராம்/கூலம் எனக் கொள்க.

தாமிரத்தின் மின்வேதிய இணைமாற்று $= 0 \cdot 3281 \times 10^{-3}$ கிராம்/கூலம்

$= 0{\cdot}3281 \times 10^{-3} \times 3600$ கிராம்/ஆம்பியர் மணி.

$= 1{\cdot}171$ கிராம்/ஆம்பியர் மணி.

ஒரு வருடத்தில் பயன் படுத்தும்

மின்சாரத்தின் அளவு $= 50 \times 52 \times 4500 \times 300$ ஆம்பியர் மணிகள்

$= 35{\cdot}1 \times 10^{8}$ ஆம்பியர் மணிகள்

∵ ஒரு வருடத்தில் தூய்மைப்படுத்தும் தாமிரத்தின் எடை

$= 1{\cdot}171 \times 35{\cdot}1 \times 10^{8}$ கிராம்கள்

$= 1{\cdot}171 \times 35{\cdot}1 \times 10^{8} \times 10^{-6}$ மெட்ரிக் டன்

$= 4110$ டன் மெட்ரிக் டன்

ஒரு வருடத்தில் செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின்

அளவு = ஆம்பியர் மணிகள்/வருடம் × ஒரு மின்கல மின்னழுத்தம்

$= 35{\cdot}1 \times 10^{8} \times 0{\cdot}25$

$= 8{\cdot}775 \times 10^{8}$ வாட் மணிகள்

$= 8{\cdot}775 \times 10^{5}$ கிலோ வாட் மணிகள்

∵ ஒரு டன்னுக்குச் செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின்

அளவு $= \dfrac{8{\cdot}775 \times 10^{5}}{4110} = 213{\cdot}5$ யூனிட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 4

ஒரு தாமிர சஃபேட் வோல்டா மீட்டரில் தாமிரத் தட்டு எதிர் மின்வாயாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது; இரண்டரை மணி நேரத்திற்குப் பிறகு 60 கிராம் தாமிரத்தை அதன்மேல் படிய வைத்தால், செலுத்திய மின்னோட்டத்தின் அளவைக் கணக்கிடு. வெள்ளியின்

அணுஎடை 108 தாமிரத்தின் அணுஎடை 63·5. வெள்ளியின் மின்வேதிய இணைமாற்று = 0·001118 கிராம்/கூலம்.

$$\text{வெள்ளியின் வேதிய இணைமாற்று } (E_s) = \frac{\text{அணுஎடை}}{\text{இணைதிறன்}}$$

$$= \frac{108}{1} = 108$$

தாமிர சல்பேட்டில் உள்ள தாமிரத்தின் வேதிய

$$\text{இணைமாற்று } (E_c) = \frac{63 \cdot 5}{2} = 31 \cdot 75$$

வெள்ளியின் மின்வேதிய இணைமாற்று $(Z_s) = 0 \cdot 001118$

தாமிரத்தின் மின்வேதிய இணைமாற்று Z_c என்றால்,

$$\frac{Z_c}{Z_s} = \frac{E_c}{E_s}$$

$$\text{அல்லது } Z_c = \frac{E_c}{E_s} \times Z_s$$

$$= \frac{31 \cdot 75}{108} \times 0 \cdot 001118$$

$$= 0 \cdot 000328 \text{ கிராம்/கூலம்.}$$

0·000328 கிராம் தமிரத்தை வெளிப்படுத்தத் தேவைப்படும் மின்சாரம் = 1 கூலம்.

∴ 60 கிராம் தாமிரத்தை வெளிப்படுத்தத் தேவைப்படும்

$$\text{மின்சாரம் } = \frac{60}{0 \cdot 000328}$$

$$= 18 \cdot 26 \times 10^4 \text{ கூலம்}$$

$$= \frac{18 \cdot 26 \times 10^4}{3600} \text{ ஆம்பியர் மணிகள்}$$

$$= 50 \cdot 72 \text{ ஆம்பியர் மணிகள்}$$

60 கிராம் தாமிரத்தைப் படிய வைக்க எடுத்துக் கொண் நேரம் = 2·5 மணிகள்.

$$\therefore \text{ மின்னோட்டத்தின் அளவு } = \frac{50 \cdot 72}{2 \cdot 5}$$

$$= 20 \cdot 29 \text{ ஆம்பியர்}$$

எடுத்துக்காட்டு 5

எல்லாப் பொருள்களிலும் ஒரு கிராம் இணைமாற்று எடையை (equivalent weight) வெளியேற்ற 96·500 கூலம்கள் அளவுள்ள மின்சாரம் தேவைப்படுகின்றதென்றால், 0·15 ஆம்பியர் அளவுள்ள மின்னோட்டம் 10 நிமிடங்களில் எவ்வளவு கிராம் எடையுள்ள தாமிரத்தைத் தாமிர சல்பேட் கரைசலிலிருந்து வெளியேற்றும்? தாமிரத்தின் வேதிய இணைமாற்று 32 எனக் கொள்க.

தாமிரத்தின் வேதிய இணைமாற்று (E) = 32.

தாமிரத்தின் மின்வேதிய இணைமாற்று (Z)

$$= \frac{1}{F} \times \text{ வேதிய இணைமாற்று கிராம்/கூலம்.}$$

(இதில் F என்பது ஃபாரடேயின் மாறிலி)

$$= \frac{1}{96500} \times 32 \text{ கிராம்/கூலம்.}$$

செலவழிக்கப்பட்ட மின்சாரம் $Q = I \times t$

$$= 0 \cdot 15 \times 10 \times 60 \text{ கூலம்}$$

$$= 90 \text{ கூலம்.}$$

1 கூலம் மின்சாரம் வெளிப்படுத்தும் தாமிரத்தின் எடை

$$= \frac{1}{96500} \times 32 \text{ கிராம்.}$$

90 கூலம்கள் மின்சாரம் வெளிப்படுத்தும் தாமிரத்தின் எடை

$$= \frac{1}{96500} \times 32 \times 90 = 0 \cdot 02984 \text{ கிராம்}$$

$$= 29 \cdot 84 \text{ மில்லி கிராம்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 6 :

27°C வெப்ப நிலையில் 798 மி.மீ அழுத்தத்தில் 100 க. செ.மீ ஹைட்ரஜன் வாயுவை 5 நிமிடங்கள் வெளியேற்ற வேண்டு மானல் (i) தேவைப்படும் மின்னோட்டத்தின் அளவைக் கண்டு பிடி. ஹைட்ரஜனின் மின்வேதிய எண் 0·0000104 கிராம்/கூலம் என்றும், திட்ட வெப்பநிலை அழுத்தத்தில் (N. T. P.) ஹைட் ரஜனின் அடர்த்தி = 0·00009 கிராம் / க.செமீ. என்றும், மின் னோட்டம் பயனுறுதிறன் = 90% என்றும் கொள்க. (ii) ஓர் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $1 \cdot 6 \times 10^{-19}$ கூலம்கள் என்றால், ஒரு க.செமீ. ஹைட்ரஜனில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை யைக் கண்டுபிடி.

(i) ஹைட்ரஜன் வாயுவின் அழுத்தம் $P_1 = 798$ மி.மீ.

ஹைட்ரஜன் வாயுவின் கன அளவு $V_1 = 100$ க.செ.மீ.

ஹைட்ரஜன் வாயுவின் வெப்பநிலை $T_1 = 273 + 27$

$= 300°$ தனி வெப்பநிலை

திட்ட வெப்பநிலை அழுத்தம்

$P_0 = 760$ மி.மீ

$V_0 = \ ?$

$T_0 = 273°$ தனிவெப்ப நிலை.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_0 V_0}{T_0}.$$

$$V_0 = \frac{P_1 V_1 T_0}{P_0 T_1} = \frac{798 \times 100 \times 273}{760 \times 300}$$

$= 95 \cdot 55$ க.செ.மீ.

ஹைட்ரஜனின் எடை $= 95 \cdot 55 \times 0 \cdot 00009$

$= 8 \cdot 6 \times 10^{-3}$ கிராம்.

ஹைட்ரஜனின் மின்வேதிய இணைமாற்று $= 0 \cdot 0000104$ கிராம்/கூலம்

$8 \cdot 6 \times 10^{-3}$ கிராம் ஹைட்ரஜனை வெளிப்படுத்தத் தேவைப் படும் மின்சாரத்தின் அளவு $Q = \dfrac{8 \cdot 6 \times 10^{-3}}{0 \cdot 0000104} = 827.$

$Q = I \times t. \qquad \therefore \quad I = \frac{827}{5 \times 60} = 2{\cdot}76$ ஆம்பியர்கள்.

(ii) ஒரு கூலம் மின்சாரம் வெளிப்படுத்தும் ஹைட்ரஜனின் எடை $= 0{\cdot}0000104$ கிராம்.

$\therefore \; 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ கூலம் வெளிப்படுத்தும் ஹைட்ரஜனின்

எடை $= 0{\cdot}0000104 \times 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ கிராம்.

$0{\cdot}0000104 \times 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ கிராம் ஹைட்ரஜன் 1 அணுவினல் வெளிப்படுத்தப்படுகிறது.

1 க.செ.மீ. ஹைட்ரஜனின் எடை $= 0{\cdot}00009$ கிராம்.

$\therefore$ 1 க.செமீ. உள்ள அணுக்கள்

$$= \frac{0{\cdot}00009}{0{\cdot}0000104 \times 1{\cdot}6 \times 10^{-19}}$$

$$= \frac{9 \times 10^{19}}{1{\cdot}04 \times 1{\cdot}6} = 5{\cdot}4 \times 10^{19} \text{ அணுக்கள்}$$

$$= 5{\cdot}4 \times 10^{19} \text{ அணுக்கள்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 7

ஒரு கிராம் ஹைட்ரஜன் ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து நீராகும் பொழுது 34·300 காலோரிகள் வெப்பத்தை வெளிவிடுகிறது. ஹைட்ரஜனின் மின்வேதிய இணைமாற்று 0·0104 மி.கி./கூலம். என்றல் நீரை மின்னுற் பகுப்புக்கு வேண்டிய பெரும மின்னழுத்தம் எவ்வளவு?

நீர் சிதைவுற்று ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜனகப் பிரிப்பதற்கு ஆற்றல் தேவை. மின்பகு கரைசலில் மின்சாரத்தைச் செலுத்துவதற்கு, இந்த ஆற்றல் மின் சுற்றதரில் (circuit) செலவழிக்கப்படுகிறது.

மின்பகுப்பின்போது செலவழிக்கப்பட்ட ஆற்றலின் அளவு

$$= \frac{1}{Z} \times V \text{ வாட்-விநாடி}$$

$$= \frac{V}{Z} \text{ ஜூல்கள்}$$

(இதில் V என்பது மின்னழுத்தத்தின் பெரும அளவு.)

Z என்பது ஹைட்ரஜனின் மின்வேதிய இணைமாற்று. ஒரு கிராம் ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜனுடன் சேரும்பொழுது வெளியிடப் படும் வெப்பம் H கலோரிகள் என்றால்,

$$HJ = \frac{V}{Z}$$

$$V = HJZ$$

$$= 34300 \times 4{\cdot}2 \times 0{\cdot}0104 \times 10^{-3}$$

$$= 1{\cdot}5 \text{ வோல்ட்டு}$$

எடுத்துக்காட்டு 8

ஒரு மின் கலத்தினின்று பெறப்படும் சராசரி மின்னோட்டம் 3000 ஆம்பியர்கள். இந்த மின் கலத்தைக் கொண்டு ஒரு நாளைக்கு 20 மணி வீதம் வேலை செய்து எவ்வளவு எடையுள்ள அலுமினி யத்தை அலுமினிய ஆக்ஸைடிலிருந்து மின்னாற் பகுப்பு முறையில் பிரிக்கலாம்? அலுமினியத்தின் இணைதிறன் மூன்று. அதன் அணு எடை 27. வெள்ளியின் வேதிய இணைமாற்று 107·98. வெள்ளியின் மின் வேதிய எண் 0·001118. மின்னோட்டப் பயனுறு திறன் 90%. இந்த மின் கலத்தின் மின்னழுத்தம் 6 வோல்ட்டு என்றும், ஒரு யூனிட்டு மின்சாரத்தின் விலை 5 பைசா எனக் கொண்டால், ஒரு டன்னி அலுமினியம் உண்டுபண்ண எவ்வளவு செலவாகும்?

$$\text{வேதிய இணைமாற்று} = \frac{27}{3} = 9.$$

வெள்ளியின் வேதிய இணைமாற்று = 107·98.

1 கூலம் மின்சாரம் வெளிப்படுத்தும் வெள்ளியின் எடை

$$= 0{\cdot}001118 \text{ கிராம்.}$$

∴ அலுமினியத்தின் மின் வேதிய எண்

$$= \frac{0.00118}{107.98} \times 9 \text{ கிராம்/கூலம்}$$

ஒரு நாளில் வெளிப்படுத்தப்பட்ட அலுமினியத்தின் எடை

$$= \frac{300 \times 20 \times 3600 \times 0.9 \times 0.001118 \times 9}{107.98 \times 1000}$$

$= 17.2$ கிலோகிராம்.

17·2 கிலோகிராம் அலுமினியத்தை ஒரு நாளில் வெளிப்படுத்தச் செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின் அளவு

$$= \frac{6 \times 3000 \times 24}{1000} \text{ கிலோ வாட் மணிகள்}$$

$= 432$ கிலோ வாட்மணிகள்.

432 யூனிட்டுகளின் விலை $= \dfrac{432 \times 5}{100}$

$=$ ரூ. 21·60.

17·2 கிலோகிராம் அலுமினியம் உற்பத்தி செய்யச் செலவாகும் தொகை = ரூ. 21·60.

1 டன்னி அலுமினியம் உற்பத்தி செய்யச் செலவாகும் தொகை

$$= \frac{1000}{17.2} \times 21.6 = \text{ரூ. } 1256$$

விடை : ரூ. 1256.

3-8. தொழிலியல் மின் பகுப்பின் பயன்கள் (Industrial applications of Electrolysis)

தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் மின்னாற் பகுப்பு வகைகளில் சிலவற்றைக் காண்போம்.

3-8-1. உலோகங்களைப் பிரித்தெடுத்தல் (Extraction of Metals)

இரு வகைகளில் மின்னாற் பகுப்பு மூலம் உலோகங்களைப் பிரித்தெடுக்கலாம். (i) ஓர் உலோகத்தின் தாதுவை அமிலத்துடன் சேர்த்துக் காய்ச்சி, வெளியாகும் நீரை ஆவியாக்கிப் படிக உருவான உப்பைப் பெறலாம். இந்த உப்பை நீரில் கரைத்தால் மின்பகு கரைசல் கிடைக்கும். இது முதல் வகையானது. (ii) உருகிய நிலையில் உள்ள சுத்தம் செய்யப்பட்ட தாதுப் பொருளையே மின்பகு திரவமாகப் பயன்படுத்தலாம். இது இரண்டாவது முறையாகும்.

துத்தநாகத்தைப் பிரித்தெடுக்கும் முறை முதல் வகையைச் சார்ந்தது. துத்தநாக ஆக்ஸைடு என்ற தாதுப் பொருளை நன்கு வறுத்த பின், கந்தக அமிலத்துடன் சேர்த்தால், துத்தநாக சல்பேட் கரைசல் கிடைக்கும். இத்தகைய கரைசலில் உள்ள அசுத்தங்களாகிய தாமிர உப்பு, கேட்மிய உப்பு போன்றவற்றை, வெவ்வேறு வேதியல் முறைகளில் படிய வைத்து வடிகட்டி எடுத்து விடலாம்.

சுத்தமான துத்தநாகக் கரைசலை, வெள்ளீயத்தால் உட்புறம் பூசப்பட்ட ஒரு தொட்டியில் ஊற்றி வைப்பர். வெள்ளீயத் தகடு நேர்மின் வாயாகவும், அலுமினியம் எதிர் மின் வாயாகவும் கொண்டு, 1000 ஆம்பியர்கள்/ச.மீ. மின்னாற்றல் அடர்த்தி எண் கொண்ட மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால், துத்தநாகம் எதிர்மின் வாயின் மீது படிகின்றது. ஒரு டன்னி (tonne) துத்தநாகத்திற்குச் செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு 3000-த்திலிருந்து 5000 யூனிட்டுகள் வரை ஆகும்.

இதேபோல் தாமிர சல்ஃபேட் கரைசலைக் கொண்டு மின்னாற் பகுப்பு மூலம், தாமிரத்தின் தாதுப் பொருளிலிருந்து தாமிரத்தைப் பிரித்தெடுக்கலாம். செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு 2000—5000 யூனிட்டுகள்/மெட்ரிக்-டன்.

அலுமினியத்தை அதனுடைய தாதுப் பொருளாகிய பாக்ஸைட்டிலிருந்து ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) பிரித்தெடுக்கும் முறை இரண்டா

வது வகையைச் சார்ந்தது. இந்தத் தாதுவைச் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடுடன் சேர்த்து 150°C-க்குச் சூடாக்கினால் அலுமினியம் ஆக்ஸைடு கரைந்து சோடியம் அலுமினேட்டு உண்டாகின்றது. கரையாத அசுத்தங்களை வடிகட்டி எடுத்து விடலாம். சோடியம் அலுமினேட்டுடன் நீர் சேர்க்கப்பட்டு வடிகட்டி எடுத்தபின் சிறிது அலுமினியம் ஹைட்ராக்ஸைடைச் சேர்த்துக் குலுக்கினால், தனியாக அலுமினியம் ஹைட்ராக்ஸைடு வீழ்படிவாகிறது. அதனை கழுவி 1500°C-க்குச் சூடுபடுத்தினால் அலுமினியம் ஆக்ஸைடு கிடைக்கிறது. சுத்தமான இத் தாதுவைக் கிரையோலைட்டுடன் இணைத்து, மின்னாற் பகுப்பிற்காக, இரும்புப் பெட்டியாலான மின் உலையில் வைக்கிறார்கள். இப் பெட்டியின் உட்புறம் படிகக் கரியினால் (graphite) பூசப்பட்டுள்ளது. இதனை எதிர்மின் வாயாகவும், ஒரு தாமிரத் தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள கனத்த கரித் தண்டுகளை நேர்மின் வாயாகவும் வைத்து மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால் மின்னாற் பகு பொருள்கள் சூடாகி உருகுகின்றன. மின்னாற் பகுப்பினால் பிரிக்கப்பட்ட அலுமினியம், பெட்டியின் அடியில் அமிழ்ந்து விடுவதால், வடிகுழாய் வழியாக வெளியே எடுக்கப்படுகின்றது. இம் முறையில் செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு 20-25 யூனிட்டுகள்/கிலோகிராம்.

மக்னீசியம், சோடியம் போன்ற உலோகங்களும் மின்னாற் பகுப்பு முறையில் பிரிக்கப்படுகின்றன.

3-8-2 உலோகங்களைத் தூய்மைப் படுத்துதல் (Refining of Metals)

மின்சார வேலைகளுக்குப் பயன்படும் தாமிரம் போன்ற உலோகங்கள் மிகவும் சுத்தமாக இருக்க வேண்டும். இல்லாவிடில் அவற்றில் மின்சாரத் தடை அதிகமாக வேறுபடும். சுத்தமான தாமிரம் தயாரிக்கப்படும் முறையில் சுத்தம் செய்யப்படவேண்டிய கலப்புத் தாமிரத் தகடு நேர்மின் வாயாகவும், ஒரு சிறிய தூய்மையான தாமிரத் தகடு எதிர்மின் வாயாகவும், தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலை மின்பகு கரைசலாகவும் கொள்ளப்படுகிறது. சுத்தமான தாமிரம் நேர்மின் வாயிலிருந்து பிரிந்து, எதிர்மின் வாயின்மீது படிகின்றது. அசுத்தங்கள் பாத்திரத்தின் அடியில் படியும். இதே போல் சுத்தம் செய்யப்பட வேண்டிய உலோகமும், அதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின்பகு கரைசல், அதற்குச் செலவு செய்யப்படும் ஆற்றல் முதலியவை அட்டவணை 3-5-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3-5.

உலோகம்	மின்பகு கரைசல்	1000 கிராம்சுத்தி செய்ய செலவழிக்கப்படும் ஆற்றல்
1. தாமிரம்	தாமிர சல்ஃபேட்டும் சிறிதளவு நீர்த்த கந்தக அமிலமும்	20-25 K.w.hrs.
2. வெள்ளி	வெள்ளி நைட்ரேட்டும் நைட்ரிக் அமிலமும்.	400-420 K.w.hrs.
3. இரும்பு	இரும்பு அம்மோனியம் சல்ஃபேட்டு	1000-1500 K.w.hrs

3-8-3. வேதியியல் பொருள்களை உண்டாக்கல் (Manufacture of Chemicals)

தொழில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த சிறந்த பொருள்களான காஸ்டிக் சோடா (caustic soda) பொட்டாசியம் பெர்மேங்கனேட்டு (pottasium permanganate) அம்மோனியம் பெர்சல்ஃபேட்டு போன்ற பொருள்கள் மின்னாற் பகுப்பு மூலம் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் மிக முக்கியமான பொருளாகிய காஸ்டிக் சோடாவை, பிரைன் (brine) கரைசலிலிருந்து மின்னாற் பகுப்பு மூலம் தயாரிக்கிறார்கள்.

மின்பகுப்பிற்குட்பட்ட பிரைன் கரைசலில் எதிர் மின்னூட்டமுள்ள Cl^- நேர் அயனி நேர் மின்வாயை நோக்கிச் சென்று அங்கு ஓர் எலெக்ட்ரானை இழந்து, குளோரின் அணுவாக மாறுகிறது. இரண்டு குளோரின் அணுக்கள் சேர்ந்து குளோரின் மூலக்கூறாக மாறி, நேர்மின் வாயில் குளோரின் வாயுவாக வெளிப்படுகிறது. நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற Na^+ எதிர் அயனிகள், எதிர்மின் வாய்க்குச் சென்று ஓர் எலெக்ட்ரானை ஏற்றுச் சோடியம் அணுவாக மாறி, கரைசலில் உள்ள நீருடன் வினைப்பட்டு காஸ்டிக் சோடா (Na°H)-வையும், ஹைட்ரஜனையும் கொடுக்கிறது.

அட்டவணை 3-6-ல் வேதியல் பொருள்களைத் தயாரிக்கச் செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்றலின் அளவு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 3-6.

பொருள்	கரைசல்	செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றலின் அளவு
1. சோடாக்காரம்	பிரைன் (Brine)	3000–4000 கிலோ வாட் மணி/டன்னி
2. குளோரின் சேர்மங்களாகிய சோடியம். (குளோரேட்டுகள், பெர்குளோரேட்டுகள், ஹைபோ குளோரேட்டுகள்)	பிரைன்	3000–7000 கிலோ வாட் மணி/டன்னி
3. ஆக்ஸிஜனும் ஹைட்ரஜனும்	நீர்	1000 c. c. ஹைட்ரஜன் + 500 c.c. ஆக்ஸிஜனுக்கு 4·4 – 5·3 கிலோ வாட் மணி
4. பொட்டாசியம் பெர்மேங்கனேட்டு	பொட்டாசியம் மேங்கனேட்டு	70–80 கிலோ வாட் மணி/டன்
5 அம்மோனியம் பாஸ்ஃபேட்டு	அம்மோனியம் சல்ஃபேட்டு	2000–2500 கிலோ வாட் மணி/டன்

3-8-4. அனொடைசிங் (Anodizing)—பூச்சுக் காப்பிடுதல்

ஈரக் காற்றில் இரும்பு போன்ற பொருள்கள் துருப்பிடிக்கின்றன (rusting). காற்றிலுள்ள நீரில் உள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் இரும்பு இணைந்து பழுப்பு நிறமுள்ள இரும்புத்துரு (இரும்பு ஆக்ஸைடு) பெறப்படுகிறது. அதேபோல் காற்றில் வைக்கப்பட்ட சில உலோகங்களில் அரித்தல் (corrosion) ஏற்படுகின்றது. உலோகங்கள் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைவதே இந்த அரித்தலுக்குக் காரணம். மின்பகு கரைசலினூடே மின்சாரத்தைச் செலுத்தி ஓர் உலோகத்தின் மேற்பரப்பில் இலேசான மென் படலத்தை உண்டு பண்ணலாம். அதாவது அலுமினியம் போன்ற மேற்பரப்பில் படியும் மெல்லிய படலம் ஆக்ஸிஜனேற்றமுடையது. காற்றினால் பாதிக்கப்படாமலிருப்பதுடன், அரிக்கும் தன்மையைத் தடுத்து, பொருளைப் பளப்பளப்புடையதாய்ச் செய்கிறது. இங்ஙனம் மின் வேதியியல் முறைகளில் பொருள்கள் பழுதடையா வண்ணம் பாது

காப்பதற்கு உலோகப் பொருள்களின் மேற்பரப்பில் மென் படல மாகப் படியவைக்கும் முறையை அனுேடிக் ஆக்ஸிகரணம் (anodic oxidation) அல்லது அனெடைசிங் என்று கூறுவர்.

அனெடைசிங் செய்யும் முறை : 3 விழுக்காடு (3%) குரோமிக் அமிலக் கரைசலில் அனெடைசிங் செய்ய வேண்டிய பொருளை நேர்மின் வாயாகவும், கரித்தண்டை (carbon rod) எதிர் மின் வாயாகவும் அமைத்துக்கொண்டு ஒரு சதுர மீட்டருக்கு 10·30 ஆம்பியர்கள் அளவுள்ள மின்சாரத்தைச் செலுத்த வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, அனெடைசிங் செய்ய வேண்டிய பொருள் அலுமினியம் என வைத்துக் கொண்டால், அதனை நன்கு சுத்த மாக்கியபின், நேர்மின் வாய்த் தகடாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். எதிர்மின் வாயானது கரித் தண்டுகள் 40°C வெப்பநிலையில் தயாரித்த 3 விழுக்காடு குரோமிக் அமிலக் கரைசலில் இந்த இரு மின்வாய்களை அமிழ்த்தி 60 வோல்ட் மின் தருவியுடன் (electric supply) இணைக்கவேண்டும். சரியான மின் தடையைப் பயன்படுத்தி, முதலில் கரைசலினூடே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த வேண்டும். இரு மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 4 வோல்ட்டிலிருந்து மெதுவாக அதிகமாகிக் கொண்டே வந்து 40 வோல்ட்டை அடையும்பொழுது மின்னோட்டத்தின் அளவு தானாகவே குறைந்து விடும். இந்த 40 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தைச் சுமார் 40 அல்லது 45 நிமிடங்கள் வரை வைத்துக்கொண்டு, பிறகு 50 வோல்ட்டுக்கு அதிகரித்து, அதே மின்னழுத்தத்தைச் சில நிமிடங்கள் வரை கொடுக்க வேண்டும். பிறகு அலுமினியத்தை வெளியில் எடுத்து, நன்கு சுத்தி செய்து உலர வைக்க வேண்டும். மங்கலான அலுமினியம் ஆக்ஸைடு அலுமினியத்தின் மேற்பரப் பில் படிந்திருக்கும். இப்படி உண்டாக்கப்பட்ட ஆக்ஸைடு மென் படலம் (oxide film) அலுமினியம் காற்றினால் பாதிக்கப்படாமல் இருக்கத் தடை செய்வதுடன், பொருள் பளபளப்புடன் இருக்க உதவுகிறது. மக்னீசியம் என்ற மற்றோர் உலோகமும் அனெடை சிங்குக்கு உகந்தது.

3-8-5. மின்முறை மெருகூட்டல் (Electro-polishing)

அனெடிக் கரைசலின் (anodic solution) மூலம் உலோகங் களுக்கு மெருகூட்டும் முறை பெருவாரியாக எல்லாத் துறைகளிலும் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றது. மெருகிடப்பட வேண்டிய பொருளை நேர்மின் வாயாக்கித், தக்க சூழ்நிலையில் (suitable condition) சரியான கரைசலில் (suitable solution) வைக்க வேண்டும்.

தொடக்க நிலையில் மெருகிடப்படாத பொருளின் மேற்பரப்பில் மேடு பள்ளங்கள் நிறைந்திருக்கும். தகுதியான சூழ்நிலையில் சரியான கரைசலைத் தேர்ந்தெடுப்பதின் மூலம், கரையாச்சேர்மங்கள் (insoluble compound) முதலில் உண்டாகிப் பின்பு பெரும்பாலும் பொருளின் மேடான பகுதிகளில் தீவிரமான அனோடிக் செயலினால் முறிவு பட்டு முடிவில் பொருளின் மேற்பரப்பை மேடு பள்ளங்களின்றி வழவழப்பாக்குகிறது. தற்போது முலாம் பூசுவதற்கு முன்பு உலோகத்தின் மேடு பள்ளங்களை அகற்றி மிருதுவாக்குவதற்கும், பூச்சுமானத்திற்குப் பிறகு அந்த உலோகத்திற்கு மெருகேற்றிப் பளபளப்பாக்குவதற்கும் இம் முறையைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

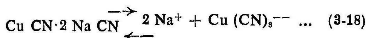
3-8-6. மின்முறைத் துலக்கம் (Electro Cleaning)

சோடியம் பாஸ்ஃபேட்டுக் (sodium phosphate) கரைசலிலடங்கிய இரும்புத் தொட்டியை நேர்மின் வாயாகவும், மேற்பரப்பைத் தூய்மைப்படுத்த வேண்டிய பொருளை எதிர்மின் வாயாகவும் அமைத்துக்கொண்டு, மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால் சோடாக் காரம் (caustic soda) எதிர்மின் வாயில் படிந்து எதிர்மின் வாய்த் தகட்டின் மேற்பரப்பைத் தூய்மையாக்குகிறது. மேலும் ஏராளமான ஹைட்ரஜன் வாயு, எதிர்மின் வாயினின்று வெளிப்படுவதால், தகட்டில் மேற்பரப்பிலுள்ள கொழுப்பு போன்ற நெய்ப்பசையும் நீங்குகிறது. இம் முறையினால் எதிர்மின் வாய்த் தகட்டின் மேற்பரப்பைத் தூய்மையாக்குவதால் இதற்கு எதிர்மின் வாய்த் துலக்கி (cathodic cleaning) என்று பெயர். துத்தநாகம், அலுமினியம் போன்றவற்றின் மேற்பரப்புகளை இம் முறையில் தூய்மையாக்குவர்.

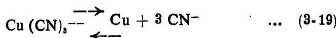
3-8-7. மின்முறையில் உரித்தெடுத் தகற்றல் (Electroparting or Stripping):

ஓர் உலோகத்தின் மீதுபூசப்பட்ட உலோகப் பூச்சினை மின்னாற் பகு முறையில் உரித்தெடுத்து அகற்றலாம். எடுத்துக் காட்டாக, தாமிரத்தை எஃகிலிருந்து உரித்தெடுப்பதாக வைத்துக் கொள்வோமேயானால், ஒரு லிட்டர் நீரில், 75 கிராம் சோடியம் சயனைடையும் (sodium cyanide), 75 கிராம் சோடியம் கார்பனேட்டையும் (sodium carbonate caustic soda) கலந்த கரைசலில், பிரிக்கப்பட வேண்டிய பொருளை நேர்மின் வாயாகவும் இரும்புத்தொட்டியில் அமிழ்த்திட, இரும்புத் தொட்டியையும் எதிர் மின் வாயாகக் கொண்டு, 150°F வெப்பநிலையில் மின்சாரத்தைச்

செலுத்தினால் இவ்விரு மின்வாய்களுக்கிடையே கொடுக்கப்பட்ட பொருளிலிருந்து தாமிரப்பூச்சு உரித்தெடுக்கப்படுகிறது. சுமார் 6 வோல்ட்டு மின்னழுத்த வேறுபாடு கொடுக்க வேண்டும்.



$$Cu\ CN \cdot 2\ Na\ CN \rightleftharpoons 2\ Na^+ + Cu\ (CN)_3^{--} \quad \ldots \quad (3\text{-}18)$$



$$Cu\ (CN)_3^{--} \rightleftharpoons Cu + 3\ CN^- \quad \ldots \quad (3\text{-}19)$$

3-8-8. மின்முறையில் உலோகங்களைப் படியவைத்தல் (Electro deposition)

ஓர் உலோகத்தை மற்றோர் உலோகத்தின்மீதாவது அல்லது அலோகத்தின்மீதாவது (non-metal) மின்முறையில் படிய வைத்து மெல்லிய பூச்சு கொடுப்பதற்கு மின்முறைப் படிய வைத்தல் என்பர். இவற்றின் உட்பிரிவுகள் பின்வருமாறு :

(அ) இரப்பரை மின்முறையில் படிய வைத்தல் (Electro depostion of rubber).

(ஆ) மின்முறையில் உலோகம் போலாக்குதல் (Electro metallisation).

(இ) மின்மேற் பூச்சு (Electro facing).

(ஈ) மின் வடிவமைப்பு (Electro forming).

(உ) மின்முறை அச்சு எடுத்தல் (மின்முறை எழுத்தியற்றல்) (Electro typing)

(ஊ) மின்முலாம் பூசுதல் (Electro plating).

3-8-8-(அ) இரப்பரை மின்முறையில் படியவைத்தல்

கரைந்த நிலையிலும் சவ்வூடு செல்லுமளவு ஒன்றுபட்டுக் கலவாத கரைசலில் (colloidal solution) மின்னூட்டத் துகள்கள் இருக்கின்றன. இரப்பர் மரப் பாலில் எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட இரப்பர்த் துகள்கள் காணப்படுகின்றன. இந்தக் கரைசலை மின் பகுப்பிற்குட்படுத்தினால் இரப்பர் நேர் முனைக்குச் சென்று படிகிறது. இதில் பயன்படுத்தப்படும் மின்னோட்ட அடர்த்தி எண் சுமார் 100 ஆம்பியர்/சதுர மீட்டர்.

3-8·8 (ஆ) மின்முறையில் உலோகம் போல் ஆக்குதல்

விலை மலிவான மின் கடத்தாப் (non-conducting base) பொருளின் மீது மின் முறையில் உலோகத்தைப் படிய வைத்தால், அழகொப்பனைக்கு உபயோகப்படுத்துவதோடல்லாமல் பொருள் கெடாமல் பாதுகாக்கலாம். படிகக்கரியினை (graphite) எதிர்மின் வாயாகக் கொண்டு விலை மலிவான மின் கடத்தாப் பொருளின் மீது இம் முறையில் படிய வைத்தால், அப் பொருள் நல்ல மின் கடத்தியாக மாற்றப்படுகிறது.

3-8-8. (இ) மின்மேற் பூச்சு

ஓர் உலோகத்தின் மேற்பரப்பின் மீது மிகக் கடினமான உலோகத்தைக் கொண்டு மின் படிவம் மூலம் பூச்சு செய்வதை மின் மேற்பூச்சு (electro facing) என்கிறோம். இதனுல் பொருள் கள் நீண்ட நாள்கள் உழைக்கும் தன்மை வாய்ந்தவைகளா கின்றன.

3-8-8. (ஈ) மின்வடிவமைப்பு

மெல்லிய உலோகத்தகடு அல்லது உலோகத் தாள்சுருள் (foil) உண்டாக்குவதற்கும், கிராமஃபோன் இசைத்தட்டுகள் செய்வதற்கும், தேய்ந்து போன பகுதிகளை, அவற்றின் தொடக்க நிலையில் இருந்த கனத்திற்குக் கொண்டு வருவதற்கும் இம் முறையைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

தாமிரத்தான் சுருளைக் குழாய் வடிவமாய்ச் செய்வதற்கு, தாமிரசல்ஃபேட் அமிலக்கரைசலில், சுழலும் நீள் உருளைக்கோலை (revolving mandrel) எதிர்மின் வாயாகவும், வார்ப்புத் தாமிரத்தை நேர் மின்வாயாகவும் அமைக்க வேண்டும். அதேபோல், இரும்புத் தாள் சுருளைச் செய்வதற்கு, ஃபெரிக் குளோரைடு ($FeCl_2 . H_2O$) அமிலத்தையும், வார்ப்பு இரும்பை நேர்மின் வாயாகவும் கொண்டு அமைக்க வேண்டும். நீள் உருளைக் கோலிலிருந்து குழாய் வடிவ மாகப் படியும் உலோகத்தை எளிதாக எடுக்கும் பொருட்டு, அந்த உருளைக்கோலின் மேற்பரப்பில் சரியான மூலப்பொருளினுல் மெல்லிய பூச்சுக் கொடுக்க வேண்டும்.

3-8-8. (உ) மின் அச்சு எடுத்தல்

இது ஒரு தனி வகையான மின் வடிவமைப்பு (electro forming) முறையைச் சார்ந்தது. மின் அச்சு எடுப்பு, புத்தகங்கள், செய்தித்

தாள்கள் போன்றவற்றை அச்சிடுவதற்குப் பயன்படுகிறது. தட்டெழுத்துகளின் அச்சு, முதலில் மெழுகுத் தாளில் பதிக்கப் படுகின்றன. பின்பு மெழுகு அச்சை (mould) மின் கடத்தியாக்கு வதற்கு படிகக்கரி பூசப்பட்டுத், தாமிரசல்ஃபேட்டுக் கரைசலில் எதிர்மின் வாயாகவும், ஒரு தாமிரத் துண்டினை நேர்மின் வாயாக வும் அமைத்துக்கொண்டு, மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினால், தாமிர மானது மெழுகு அச்சில் சென்று படியும். போதுமான அளவு தாமிரம் படிந்த பின்பு, அதை வெளியே எடுக்க வேண்டும். மெழுகிலிருந்து எழுத்துகளைத் தனியே பிரித்தெடுத்து, அதைத் திண்ணிய நிலைக்குக் கொண்டு வருவதற்கேற்ற வகையில் சூடாக்கப்பட வேண்டும். மேற்குறித்த கிராமபோன் இசைத் தட்டுகளுக்கும் இம் முறையில்தான் அச்சு எடுக்கப்படுகின்றன.

3-8-8. (ஊ) மின் முலாம் பூசுதல்

விலை மலிவான உலோகங்களின்மீது, வெள்ளி, நிக்கல், குரோமியம் போன்றவற்றை முலாம் பூசுகின்றனர். இங்ஙனம் முலாம் பூசப்பட்ட பொருள்கள் தோற்றப் பொலிவுடன் இருப்ப தோடுமட்டுமல்லாமல், அரித்துத் தின்னுதல், கரைத்துச் சிதைக்கச் செய்தல், துருப்பிடித்து வீணாகுதல் போன்ற அழிவு களுக்கு இடங்கொடாமல் பாதுகாத்து வருவதுடன், நீடித்து உழைப்பனவாகவும் இருக்கின்றன.

எந்த உலோகம் முலாம் பூசப்பட வேண்டுமோ, அந்த உலோகத்தின் கரைசல் மின் பகு பொருளாகப் பயன்படுத்தப்படு கின்றது. தவிர இந்த உலோகத்தால் ஆன தகடானது நேர்மின் வாயாகவும், மின் முலாம் பூசப்பட வேண்டிய பொருளை நன்கு தேய்த்துச் சுத்தமாக்கிய பின் எதிர்மின் வாயாகவும் அமைக்க வேண்டும். மின்சார வலிமை அதிகமாக இராமல் கரைசலின் சரியான வெப்பநிலைக் கேற்றவாறு இருத்தல் வேண்டும்.

3-9. முலாம் பூசுவதற்கான தயாரிப்பு வேலை (Preparation of work for plating)

முலாம் பூசுவதற்கான தயாரிப்பு வேலையை மூன்று படி நிலைகளாகப் (stages) பிரிக்கலாம். அவைகள் பின்வருமாறு :

படிநிலை (1) : நெய்ப்பசை நீக்கலுடன் (degreasing), தொடர்ந்து ஊதுலைத் துலக்கி (blast cleaning) அல்லது ஊற வைத்து அகற்றல் (pickling) அல்லது அமிலத் தேய்வு (acid dip) போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தி அழுக்கை அகற்றுவது.

படிநிலை (2) : இயந்திரத்தின் உதவியால் செயல்படுதலும் (machining), தோலால் மெருகிடுதலும், பள பளப்பாக்குதலும் (buffing and polishing).

படிநிலை (3) : வெப்பக்காரத் துலக்கியினுல் (hot alkali cleaner) தொடக்க நெய்ப்பசை நீக்கலுடன் தொடர்ந்து, குளிர் மின் பகுப்பு முறைத் தூய்மையாக்கல் (cold electroolytic cleaner) அல்லது அனெடிக் அமிலச் செதுக்கமும் (anodic acid etch) சையனேடுத் தோய்வும் (cynide dip) கொண்டு இறுதித் துலக்கியாக (final cleaning) விளங்குகிறது.

முலாம் பூசப்பட வேண்டிய பொருளின் தொடக்க நிலையைப் (initial condition) பொறுத்தும், உலோகத்தின் வகைக் கேற்றவாறும், கிடைக்கும் சாதனங்களைப் பயன்படுத்தியும் மேற்குறித்தவற்றைச் செயல்படுத்துவர். அமிலத் தோய்வின் மூலம் பொலிவுறச் செய்யும் முறை (bright dipping) தாமிரத்திற்கும் அதனுடை கலவைகளுக்குமே உகந்தது.

நெய்ப்பசை நீக்கம் (Grease Removal)

முலாம் பூசப்பட வேண்டிய திண்மப் பொருளின் புறத்தே, தேவையின்றிப் படிந்துள்ள பொருள்களை அழுக்கு அல்லது கறை என்கிறோம். இந்தக் கறைபடிந்த பொருளின்மீது முலாம் பூசினல், பூச்சு பொருளோடு நன்கு ஒட்டாமல், உரிந்து, பிரிந்து விழுந்து விடும். இங்ஙனம் பூச்சு வீணாக்கப்படாமல் தடுக்கப் பொருள்கள் தூய்மையாயிருக்க வேண்டியது இன்றியமையாதது. அழுக்கு சில சமயங்களில் நெய்த்தன்மை பொருந்தியதாக இருக்கும். நெய்த்தன்மை பொருந்திய பொருள்களை இருவகைப் படுத்தலாம். (1) பசையுள்ள நெய்ப்பொருள், (களிம்பு நெய்) (mineral oil) (2) கொழுப்புச் சேர்மங்கள் (fatty compounds). இவற்றைக் கீழ்க்கண்ட முறைகளில் நீக்கலாம். (i) திரவ அல்லது ஆவிக் கரைப்பானை (liquid or vapour solvent) பயன்படுத்தி நீக்கலாம். டிரைகுளோர் எத்திலின் (trychlor ethylene) ஒரு சிறந்த திரவக் கரைப்பானுகும். (ii) காரங்களைக் கொண்டு நீரில் கரையாத அமிலம் போன்ற அழுக்கைக் கரைத்துக் கரையும் சோப்பு போன்ற ஒரு திரவத்தை உண்டாக்குகிறது. இந்தத் திரவம் எஞ்சியுள்ள அழுக்குக் கூறுகளையும், ஈர்த்துக் கரையும் பகுதிகளாக மாற்றுகிறது.

கரையாத கொழுப்புச் சேர்மம் + பொட்டாஷ் ⟶
கரையும் சோப்பு + கிளிசரைன்.

(iii) பசைக் குழம்பாக்கல் (Emulsification): அழுக்கில் இக்சைலீன் (xylene) போன்ற கூட்டுப்பொருள் இருந்தால் கறை போக்கி, அவற்றுடன் சேர்ந்து பசை போன்ற குழம்பினை உண்டாக்குகிறது. பசைக் குழம்பாக்கப்பட்ட பின்னர் அழுக்குக் கூறுகளை நீரில் தொங்கும் இயல்புடையதாகச் செய்கிறது. சோடாக் காரம் (NaOH), சோடியம் கார்பனேட்டு (Na_2CO_3), டிரை சோடியம் பாஸ்ஃபேட் (Na_3PO_4), சோடியம் சயனைடு, சோடியம் சிலிகேட் போன்ற கறை நீக்கிகளைக் கொண்டு இவ்வித அழுக்கினைப் போக்கலாம்.

நெய்ப் பசை, கொழுப்பு ஆகியவற்றை நீக்கிய பிறகு கனமான செதிலி(thick scale), ஆக்ஸைடு போன்றவற்றை அமிலத்தில் தோய்த்தெடுப்பதின் மூலம் (acid dip) இவற்றை அகற்றலாம் நீர்த்த கந்தக அமிலத்தைப் பயன்படுத்தி எஃகு, இரும்பு, பித்தளை, தாமிரம் போன்ற பொருள்களின்மீது படியும் ஆக்ஸைடு, செதிலி. போன்ற கறைகளை அகற்றலாம். 10% நைட்ரிக் அமிலம், 10% ஹைட்ரோ ஃபுளோரிக் அமிலம். 80% நீர் கொண்ட ஊறல் கரைசலைக் (pickling solution) கொண்டு அலுமினியத்தின் மேற்பரப்பில் உள்ள செதிலி, ஆக்ஸைடுகளை நீக்கலாம். அமிலத்தில் ஊறவைத்து எடுத்தபின், சாம்பல் நிறமான கரிக் கசடு (grey smut) இருந்தால் சயனைடு திரவத்தில் தோய்ப்பதின் (cyanide dip) மூலம் நீக்கலாம்.

படிநிலை 2-ல் குறிப்பிட்ட செயல் முறைகள் கடைசிப் பூச்சுக் கொடுப்பினைச் சார்ந்தது. இன்னொரு வகையான செயல் முறைகள் கடைசிப் பூச்சுக் கொடுப்பினைச் சார்ந்தது. இன்னொரு வகையான செயல் முறைகள் படிநிலை 3-ல் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இறுதித் துலக்கியாகக் (final cleaning) குளிர் மின் பகுப்பு முறையைப் பயன்படுத்துவர். இதுவே நடைமுறையில் உள்ள படித் திட்டம் (stand practice) ஆகும். இம் முறை தானியங்கு முறையில், பொலிவுறும் படிமுலாம் பூசும் (automatic bright plating) பணிகளுக்குகந்தது. இரும்பு, எஃகு போன்ற பொருள்களை மின் பகுப்பு முறையில் கீழ்கண்டவாறு தூய்மைப்படுத்துவர். 5000 கிராம் நீருடன், 500 கிராம் கந்தக அமிலமும், 500 கிராம் சோடியம் சல்பேட்டும் சேர்ந்து உண்டாக்கிய கரைசலை, உட்புறம் வெள்ளீயத்தால் பூசப்பட்ட தொட்டியிலிட்டு, தூய்மைப்படுத்த வேண்டிய இரும்பு, எஃகு போன்ற பொருள்களை நேர்மின் வாயாகவும், வெள்ளீயத் தகடுகளை எதிர்மின் வாயாகவும், அமைத்துக் கொண்டு, 300-லிருந்து 400 ஆம்பியர்கள்/ச மீ. வரை மின்னோட்ட அடர்த்தியுள்ள மின்சாரத்தைச் செலுத்த வேண்டும்.

கண்ணுடி போன்ற பளபளப்புடைய கடைசிப் பூச்சுத் தேவை யற்ற இரும்பு, எஃகு போன்ற பொருள்களுக்கு ஆனேடிக் அமிலச் செதுக்கம் (anodic acid etch) கொடுக்கலாம்.

குளிர் மின்பகுப்புத் துலக்கி அல்லது ஆனேடிக் அமிலச் செதுக்கம் ஆகியவற்றிற்குப் பதிலாக, இன்னொரு வகையானது பிரச்சினைக் கொண்டு தேய்த்துத் தூய்மையாக்கும் முறை. இது பழமையானது. இதற்குப் பிறகு சயனைடுக் கரைசலில் தோய்த்து, முலாம் பூசுவதற்குமுன் நீரில் கழுவ வேண்டும். எந்த முறையைப் பயன்படுத்தினாலும், முலாம் பூசப்பட வேண்டிய பொருள்கள், கீறல், வெடிப்பு, தெரியாத துவாரங்கள், சிறு இடைவெளிகள், திருகு மரையாணியினுல் ஏற்பட்ட துவாரங்கள் போன்றவற்றை முலாம் பூசும் கரைசல், கழிவுநீர், துலக்கிகள் ஆகியவை சென்று அடைத்துக் கொள்ளாமலிருக்கச் சரிசெய்ய வேண்டும். ஒவ்வொரு நிகழ்ச்சியின் இறுதியில் உராசித் தேய்த்து எடுத்துத் தூய நீரால் அலம்பிக் கழுவ வேண்டும். முலாம் பூசும்போது மேற்கொள்ளப்படும் நிகழ்ச்சிகள் படம் 3-9-ல் (பக்கம் 466) வரிசைப்படுத்திக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதிலிருந்து தாமிரம் போன்ற உலோகப் பொருள்களுக்கு எங்ஙனம் முலாம் பூசப் படுகிறது என்பதனை நன்கு அறிந்து கொள்ளலாம்.

பளபளப்பாக்குதலும், தோலால் மெருகிடுதலும் (Polishing and Bugging)

வெள்ளி, நிக்கல் அல்லது குரோமியம் போன்ற உலோகங்களினுல் முலாம் பூசப்பட்டால், முலாம் பூசப்பட்ட பொருளுக்கு மெருகிடுதல் அவசியமாகிறது. நிமிடத்திற்கு 2000 முதல் 3000 மீட்டர் வரையுள்ள பரிதி வேகத்தில் (peripheral speed) சுழலும் துடைப்பான்களைக் (mops) கொண்டு முலாம் பூசப்பட்ட பொருள்களைப் பளபளப்பாக்குவர். துடைப்பான்கள் ஒட்டுக் கம்பளம் (felt) அல்லது தோல் கித்தானுல் (leather canvas) ஆனது. மேற்குறித்த உயர்வேகங்களில் இந்தத் துடைப்பான்களை ஓட்டுவித்தல் அவசியமானது. இவற்றைவிடக் குறைந்த வேகங்களில் சென்ருல், துடைப்பான் வலுக்கட்டாயமாக இழுபட்டுச் செல்கின்றது (cause the mops to drag). இதனுல் பொருள்கள் பளபளப்பாக்கப் படுவதற்குப் பதில், சூடும் தேய்ப்பும் (hot and burnishing) ஏற்படுகின்றன. மாருகக் குறிப்பிட்ட வேகத்தைக் காட்டிலும், அதிகமான வேகத்தில் ஓட்டுவித்தால், உலோகம் கீறல் பாகங்களின் மேடான பகுதியிலிருந்து பள்ளமான பகுதிக்குச் செல்லும். மெருகிடுவதற்கான வேகம், தேவையான செதுக்கம் (cutting), கடைசிப் பூச்சுமான பளபளப்பின் அளவைப் (finishing) பொறுத்து மாறுபடும்.

இ ரும்பும் எஃகும்

முலாம் பூசும்போது நிகழ்பவைகளை செயல் வரிசைப் படுத்திக் காட்டும் ஒரு வரை படம்

(A GUIDE TO SEQUENCE OF OPERATIONS FOR ELECTRO-PLATING)

படி நிலை –1 (stage–1)

வெப்பத் தூய்மை அல்லது நெய்ப்பசை நீக்கம் (Hot clean or Degrease)
அலம்பு (Swill)
ஊறல் (pickle)
அலம்பு (Swill)
உலர்த்து (Dry)

தாமிரம் பித்தளை நிக்கல் வெள்ளி இதர தாமிரக் கலவைகள்

வெப்பத் தூய்மை அல்லது நெய்ப்பசை நீக்கம்
அலம்பு
ஊறல்
பொலிவு பெற அமிலத்தில் தோய் (Bright dip)
அலம்பு
உலர்த்து

படி நிலை –2 (Stage –2)
பொருள்களை இயந்திரப்பொறியினால் நேர்த்தியாக்கு அல்லது பளபளப்பாக்கவும் தோலால் மெருகிடவும்
Articles may be machined or polished and buffed

படி நிலை– 3 (Stage – 3)

(Scour) தேய்த்துத் துப்புரவாக்கு
(Swill) அலம்பு
(cyanide dip) சயனைடில் தோய்வி
காரமும் சயனைடு கரைசலும் கேட்மியம் தாமிரம், தகரம், துத்தநாகம் முதலியன

வெப்பத் தூய்மை
அலம்பு
அனோடிக் குளிர் - துலக்கி
அலம்பு
நீர்த்த அமிலத்தில் தோய்வி
அலம்பு
நிக்கல் பொலிவுறும் நிக்கல் அல்லது இதர அமிலக் கரைசல் சேர் மேற் பரப்பில் பளபளப்பு நீங்காது இருத்தல்

சயனைடில் தோய்வி
காரமும் சயனைடு கரைசலும் கேட்மியம் தாமிரம் தகரம் துத்தநாகம் முதலியன

(Anodic acid etch) அனோடிக் அமிலசெதுக்கம்
அலம்பு
அலம்பு
(Dilute Acid dip)
நிக்கல் கனமான நிக்கல் அமிலம் துத்த-நாகம் அல்லது இதர அமிலக் கரைசல்கள்

தேய்த்துத் துப்புரவாக்கு
அலம்பு
சயனைடில் தோய்
அலம்பு
நீர்த்த அமிலத்தில் தோய்
அலம்பு
அமிலக் கரைசல்கள் நிக்கல் முதலியன

காரமும் சயனைடு கரைசலும் தகரம் பொன் முதலியன

வெப்பத் தூய்மை
அலம்பு
கேதோடிக் குளிர் துலக்கி
அலம்பு
நீர்த்த அமிலத்தில் தோய்
அலம்பு
நிக்கல் பொலிவுறும் நிக்கல் அல்லது இதர அமிலக் கரைசல்கள் மேற் பரப்பில் பளபளப்பு நீங்காது இருத்தல்

படம் 3–9.
மூலாம் பூசுவதற்கான செயல்படு வகைகளின் தொடர் வரிசை

குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளுடன் கூடிய மின்னோட்ட திசை மாற்று முறை (Periodic reverse current process)

இந்த முறையில் குறிப்பிட்ட இடைவெளிக்குப் பிறகு, மின்பகு கரைசலில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் திசையை ஒரு சில விநாடிகள் வரை மாற்றி, மீண்டும் பழைய நிலைக்குக் கொணர்வர். இப்படிச் செய்வதனால் ஏற்படும் நன்மைகள் பின்வருமாறு :

(அ) திடமற்றதும், மட்டமானதுமான உலோகப் பகுதிகளை அகற்றுவதுடன் பொருள் மேற்பரப்பினையும் ஒரே சீராகச் செய்கிறது.

(ஆ) மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளுடன் திரும்பத் திரும்ப மாற்றுவதால், (i) உலோகத்தின் மேற்பரப்புப் பொலிவுடன் விளங்குகிறது. (ii) தளவிளைவின் செயலைக் (polarisation effect) குறைக்கிறது.

3-9-1. தாமிர முலாம் பூசுதல் (Copper plating)

தாமிரக் கரைசல் : தாமிர முலாம் பூசுதலில் அமிலக் கரைசலையும், காரக் கரைசலையும் பயன்படுத்துவர். அமிலக் கரைசலில் ஒரு லிட்டர் நீரும், 150 முதல் 200 கிராம் வரை தாமிர சல்பேட்டும், 25 முதல் 37 கிராம் வரை கந்தக அமிலமும் அடங்கி இருக்கும். ஆனால் காரக் கரைசலில் ஒரு லிட்டர் நீரும் 25 கிராம் தாமிர சயனைடும், 28 கிராம் சோடிய சயனைடும், 6 கிராம் சோடியம் கார்பனேட்டும், 3 கிராம் சோடியம் பைசல்பேட்டும் அடங்கியிருக்கும்.

தொட்டி (Tank) : ஒரு சாதாரண பற்றவைப்பினாலான எஃகு தொட்டியைப் பயன்படுத்துவர். மரக்கட்டையாலான வரைச்சட்டம் (frame work) கொண்ட, பற்றவைப்பு எஃகு தொட்டியையும் பயன்படுத்துவர். இத் தொட்டி, பீங்கான் மின்காப்பின் மேல் செல்லும் மூன்று பித்தளைத் தண்டுகளைத் தாங்கிக் கொண்டிருக்கும். வெளிப்புறத் தண்டுகள் 6 வோல்ட் நேர் மின்னோட்டத் தருவியின், எதிர்மின் முனையிலும் (positive lead), நடுத்தண்டு நேர்மின் முனையிலும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். தொட்டியின் அருகில் கத்தி இணைப்பியைப் (knife switch) பொருத்தி இதனைக் கொண்டு வேண்டும்போது மின்சாரத்தைச் செலுத்தியும், வேண்டாதபோது நிறுத்தியும் வைக்கலாம். உட்புறம் வெள்ளியத்

தால் பூசப்பட்ட தொட்டியைப் பயன்படுத்தக் கூடாது. பயன் படுத்துவதற்கு முன், தொட்டி முழுவதிலுமுள்ள எல்லாப் பாகங் களையும் நன்கு கழுவித் தூய்மையாக்க வேண்டும்.

கரைசலைத் தயாரிக்கும் முறை : தொட்டியை, அதன் கொள் திறனில் (capacity) முக்கால் பாக அளவு தூய்மையான மென்னீர் (clean soft water) நிரப்ப வேண்டும். நீரைத் தொட்டிக்குள்ளே வெதுவெதுப்பாகும் அளவுக்குச் சூடுபடுத்த வேண்டும் அல்லது ஏற்கெனவே வெதுவெதுப்பாக்கப்பட்ட நீரையாவது பயன் படுத்தலாம். நன்றாகப் பொடி செய்த உப்பைக் கொஞ்சம் கொஞ்ச மாக நீரில் சேர்த்து நன்றாகக் கலக்க வேண்டும். இம்மாதிரியே தொடர்ந்து செய்து எல்லா உப்பையும் நீரில் கரைக்க வேண்டும். பிறகு நீரைச் சேர்த்து, நன்றாகக் கிளறிவிட வேண்டும். இங்ஙனம் செய்தால், நீரும் உப்பும் நன்கு கலந்து சரியான கரைசலின் செறிவு கிடைப்பதுடன், கரைசலில் அடங்கிய பொருள்களின் விகிதமும், சரிசமநிலையுடையதாய் அமையும். பின்பு கரைசலின் வெப்பநிலை, அடர்த்தி போன்றவை சரியான நிலைகளில் இருக்கும் படி தொடர்ந்து கவனித்து வருதல் வேண்டும்.

கரைசலின் வெப்பநிலை : அமிலக் கரைசலின் வெப்பநிலை 25° முதல் 50°C வரை இருக்கவேண்டும். காரக் கரைசலின் வெப்ப நிலை 35°-லிருந்து 50°C வரை இருக்கும்.

நேர்மின்வாய் : இந்த இரண்டு கரைசல்களிலும் மிகத் தூய்மையான தாமிரத்தையே நேர்மின்வாயாகப் பயன்படுத்துவர். அவை முட்டை (oval) வடிவம் அல்லது உருட்டிய தட்டை வடிவ மாய் (flat rolled) இருக்கும். முலாம் பூசப்பட வேண்டிய பொருளின் பரப்புக்குக் கிட்டத்தட்ட சரியிணையாக இத் தகட்டின் பரப்பு இருக்கவேண்டும். நேர்மின் வாய்க்கும், எதிர்மின் வாய்க்கும் இடையேயுள்ள தூரம் 15 முதல் 18 செமீ. வரை இருக்க வேண்டும்.

மின்னழுத்தம் : இரு மின்வாய்களுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 2 முதல் 2·5 வோல்ட் வரை இருக்க வேண்டும்.

மின்னோட்ட அடர்த்தி : அமிலக் கரைசலுக்குத் தேவையான மின்னோட்ட அடர்த்தி 200 முதல் 400 ஆம்பியர்கள்/ச. மீ வரை ஆகும். காரக் கரைசலுக்குத் தேவையான மின்னோட்ட அடர்த்தி

40-லிருந்து 150 ஆம்பியர்கள்/ச.மீ வரை இருக்கும். அமிலக் கரைசல் மூலம் செய்யும் படிவம் (deposit) கனமாகவும், கரடு முரடாகவும் இருக்கும். ஆகவே, இத்தகைய பூச்சிற்கு மெருகிடுதல் அவசியமாகிறது. ஆனால், காரக் கரைசலில் கிடைக்கும் படிவம் மெல்லியதாகவும், மிருதுவாகவும் இருக்கும்.

பயன்கள் : (1) இரும்பு, எஃகு போன்ற பொருள்களுக்கு மெருகிடுதலை எளிதாக்குவதன் பொருட்டு, இத்தன்மையான உலோகங்களின்மீது ஆரம்பத்தில் தாமிரப் பூச்சுக் கொடுப்பர். இதற்கு 'முன்பூச்சு' (pre coating) என்று பெயர்.

(2) எஃகின் வெளிப்புறம் கடினமாவதைத் தடுக்கத் தாமிர முலாம் பூசுவர். இங்ஙனம் தாமிரப் பூச்சு, பொருள்களின் வெளிப்புறம் கடினமாவதற்கு ஒரு தடையாக இருக்கிறது.

(3) மின் அச்சு எடுத்தல் (electro typing), மின் வடிவமைத்தல் போன்ற பணிகளுக்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(4) இரும்புப் பொருள்கள் துருப்பிடிக்காமல் இருக்கத் தாமிரப் பூச்சு அவசியமானது. குண்டு தாங்கிகள் (ball bearings), உருள் தாங்கிகள் (roller bearings) போன்றவற்றிற்கும் தாமிர முலாம் பூசுகின்றனர்.

3-9·2. வெள்ளி முலாம் பூசுதல் (Silver plating)

வெள்ளி முலாம் பூசப் பயன்படுத்தப்படும் கரைசலில் 1 லிட்டர் நீரும், 24 கிராம் வெள்ளி சயனைடும், 36 கிராம் பொட்டாசியம் சயனைடும், 24 கிராம் பொட்டாசியம் கார்பனேட்டும் கலந்திருக்கும்.

தொட்டி (Tank) : வெள்ளி முலாம் பூசுவதற்கான தொட்டியை அமைப்பதற்குப் பல வகையான உலோகங்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். கண்ணாடி அல்லது பீங்கானலான (porcelain) தொட்டியைச் சிறு தொழில்களுக்குப் பயன்படுத்துவார்கள். பெரிய தொழிற்சாலைகளுக்கு இனாமல் பூச்சுக் (enamel) கொடுக்கப்பட்ட இரும்புத் தொட்டியைப் பயன்படுத்துவர். உட்புறம் வெள்ளீயத்தால் பூசப்பட்ட மரத் தொட்டிகளையாவது (wooden tanks) அல்லது மென்மையான எஃகினால் (mild steel) ஆன உலோகத் தொட்டிகளையாவது பயன்படுத்தலாம். உட்புறம் இரப்பர் அல்லது இளக்கிப் பொருளினால் மூடப்பட்டுள்ள தொட்டிகளையும் பயன்படுத்தலாம். பயன்படுத்துவதற்கு முன் தொட்டியை முழுவதும் மிகவும் கவனமாகக் கழுவித் தூய்மையாக்க வேண்டும். தேவையான பூச்சு மிகவும் கனமாக இருக்க வேண்டுமானால்,

எதிர் மின்வாய் அசைவுக்கான ஓர் அமைப்பை அதில் பொருத்தப்பட வேண்டும்.

கரைசலைத் தயாரிக்கும் முறை : பற்றவைத்த எஃகு அல்லது இனாமல் பூச்சுக் கொடுக்கப்பட்ட இரும்பு அல்லது கறை பிடிக்கா எஃகினால் (stainless steel) ஆன ஒரு தனியான பாத்திரத்தை எடுத்துக் கொள்வர். இந்தப் பாத்திரத்தில் உள்ள நீரைச் சுமார் 38°C வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்குவர். ஏற்கெனவே குறிப்பிட்ட அளவு நிறுத்தெடுக்கப்பட்ட தாமிர உப்பு, பொட்டாசியம் சயனைடு போன்றவற்றைக் கொஞ்சம் கொஞ்சமாகச் சேர்த்து நீரில் கலக்கி முழுமையான கரைசலை உண்டாக்க வேண்டும். எல்லா உப்புகளும் நன்கு கரைந்த பிறகு ஏற்கெனவே பாதியளவு நீரால் நிரப்பப்பட்ட முலாம் பூசப்படும் தொட்டியில் ஊற்ற வேண்டும். பிறகு மென்னீரை (soft water) ஊற்றிக் கரைசலைக் குறிப்பிட்ட மட்ட அளவுக்குக் கொணர்ந்து, நன்றாகக் கலக்க வேண்டும்.

நேர் மின்வாய் : 99·99 விழுக்காடு தூய்மையானதும், மிகவும் நேர்த்தியானதுமான வெள்ளியை நேர்மின் வாயாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். இவை நன்கு பதனுற்றத் தக்கதாகவும் (annealing) இருக்க வேண்டும்.

வெப்பநிலை : கரைசலின் வெப்பநிலை 20°C-லிருந்து 25°C வரை இருக்கலாம். கரைசலின் வெப்பநிலை 16°C-க்குக்கீழே செல்லாமல் பாதுகாக்க வேண்டும்.

மின்னழுத்தம்: தொட்டியின் இரு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $\frac{3}{4}$ வோல்ட்டிலிருந்து 1 வோல்ட்டு வரை இருக்கலாம்.

மின்னோட்ட அடர்த்தி : இரு மின்வாய்களுக்கு மிடையேயுள்ள தூரம் 18 செமீ முதல் 20 செமீ. வரை இருக்கும். இதற்குத் தேவையான மின்னோட்ட அடர்த்தி 30 முதல் 40 ஆம்பியர்கள்/ச.மீ. வரை ஆகும்.

பயன்கள் : (1) விலை மலிவான மின் கடத்தும் தன்மையுடைய உலோகங்கள் மீது 0·0125 மிமீ கனமுள்ள வெள்ளி முலாம் பூசினால், அதன் மின்கடத்துந் திறமை குறிப்பாக 'மிகை அதிர்வெண் திறன்' தருவியில் (high frequency power supply) முழுமையும் வெள்ளியால் ஆன மின்கடத்திகளுக்குச் சமமாக இருக்கும். மிகை அதிர்வெண்களில், மின்னோட்டம் முழுவதும் புறணி விளைவினால் (skin effect), பொருளின் மேற்பரப்பில் உள்ள படலங்களில் செல்லுவதே இதற்குக் காரணம்.

அலங்கரிக்கும் கோப்பை (decorative cups), அழகு மலர்க் கூடை (vases), புகைப்படச் சட்டங்கள், வெகுமதிப் பொருள்கள் ஆகியவற்றிற்கு வெள்ளி முலாம் பூசுவர்.

ஆகாய விமான இயந்திரங்கள் (aero-engines), இறுக்குப் பட்டை வளையம் (thrust washer) போன்றவற்றைச் செய்து உரு வாக்குவதற்கு அவற்றின் மீது 0·013 மிமீ முதல் 1·5 மிமீ. கனம் வரை வெள்ளிப் பூச்சுக் கொடுப்பர். உராய்வினால் ஏற்படும் தேய்வு, வெள்ளிப் பூச்சினால் குறைக்கப்படுகிறது.

வேதியல் கருவிகளும், அறுவைச் சிகிச்சைக்கு வேண்டிய கருவி களும் (surgical instruments) வெள்ளி முலாம் பூசப்பட்டவை.

3-9·3. தங்க முலாம் பூசுதல் (Gold Plating)

தங்க முலாம் பூசுவதற்குத் தேவையான கரைசலில் அடங்கி யுள்ள இயைவு (constituent) உறுப்புகள் பின்வருமாறு:

பொட்டாசியம் பொன் சயனைடு	—	18 கிராம்
பொட்டாசியம் சயனைடு	—	12 கிராம்
சோடாக் காரம் (caustic potash)	—	12 கிராம்
பொட்டாசியம் சல்ஃபேட்டு	—	6 கிராம்
நீர்	—	1 லிட்டர்

பொன் முலாம் பூசுவதற்கு வேண்டிய கரைசலை ஒருவகைப் பொன் உப்புகளாகத் (gold salts) தயாரித்து வைத்திருப்பர். இந்த உப்புகளை நீரில் கரைப்பதன் மூலம் தேவையான கரைசலைப் பெறலாம். குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்திற்கும், வெப்ப நிலைக்கும் கொண்டு வருவதன் மூலம் தேவையான அளவுடைய கரைசலின் செறிவைப் பெறலாம்.

தொட்டி: இந்தக் கரைசலின் விலை மிக அதிகமாக இருப்ப தால், சிறிய அளவு கொள்கலத்தையே (container) பயன்படுத்து வர். இது இனாமல் பூச்சுடைய இரும்பாலான சிலிண்டர் வேவு கலம் (sauce pan) வகையைச் சார்ந்தது. கறைபிடிக்கா எஃகினால் (stainless steel) ஆன பாத்திரத்தையும் பயன்படுத்தலாம். இந்தக் கொள்கலம் இறுக்கமாக மூடப்படும் மூடியை (close fitting lid) உடையதாயிருக்க வேண்டும். இதனை ஒரு நீர்த் தொட்டியிலிட்டு, இவற்றைச் சூடுநிலைப்பிக் கட்டுப்பாட்டுடன் (thermostatic

control) அமைந்த வளி அல்லது மின்சார அமிழ்நீர்ச் சூடேற்றிகள் (immersion heaters) மூலம் சூடுபடுத்த வேண்டும்.

வெப்பநிலை: கரைசலின் வெப்பநிலை 50°C-யிலிருந்து 80°C வரை இருக்கலாம்.

மின்னழுத்தம்: முலாம் பூசப்பட வேண்டிய தொட்டியின் மின்வாய்களுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு சுமார் 3 வோல்ட்டாக இருக்க வேண்டும். கரைசலின் தரத்தைப் (shade) பொறுத்து, இந்த மின்னழுத்தம் மாறுபடும். குறைந்த தரத்திற்குக் குறைவான வோல்ட்டும், உயர்ந்த தரத்திற்கு அதிக வோல்ட்டும் தேவை.

நேர் மின்வாய்கள்: இந்தப் பூச்சு தொடர்ந்து நடக்கக் கூடியதாயிருந்தால், கரைசலின் உலோகச் செறிவினைப் பரிசுத்தமான பொன்னாலான நேர் வாயைக் கொண்டு கண்காணித்து வரலாம். வேலை செய்யாத நேரங்களில், பொன் நேர்மின் வாய்களை வெளியே எடுத்து வைப்பது நலம்.

கரையா நேர்மின் வாய்த் தகடுகளாகிய பிளாட்டினம், கறை பிடிக்கா எஃகு ஆகியவற்றைக் கொண்டு கரைசலின் செறிவு முழுவதும் தீர்ந்து போகும் வரை பயன்படுத்தலாம்.

மின்னோட்ட அடர்த்தி: இதில் பயன்படுத்தப்படும் மின்னோட்ட அடர்த்தி 20 முதல் 60 ஆம்பியர்கள்/ச.மீ. வரை ஆகும்.

பயன்கள்: அணிகலன்களுக்கு (jewellery) வண்ணப் பூச்சுக் கொடுப்பதற்குப் பயன்படுத்துவர். மேலும், பல விதமான கவர்ச்சிகரமான பொன் சாயலுடைய பொருள்களை (gold shades) பொன் பூச்சினால் பெறலாம். பேனாவின் முனைகளுக்கும் (nibs), பேனா மேல் மூடிகளுக்கும் (caps), இசைக் கருவிகளுக்கும், வெள்ளி முலாம் பூசப்பட்ட உள்ளீடற்ற பொருள்களுக்கும் (silver plated hollow wares) தங்க முலாம் கொடுப்பர். இப்படிச் செய்வதால் பொருள்கள் அழகுடனும், கறைபடியாமலும் இருப்பதோடல்லாமல், அப்பொருளின் மதிப்பும் அதிகரிக்கிறது.

3.9.4. நிக்கல் முலாம் பூசுதல் (Nickel Plating)

இவற்றிற்கு இரு வகையான நிக்கல் கரைசல்களைப் பயன்படுத்துவர். ஒன்று குளிர்ந்த வெப்பநிலைக்கும், மற்றொன்று வெது

வெதுப்பான (warm) வெப்ப நிலைக்கு உகந்தது. அட்டவணை 3-7-ல் இருவகை நிக்கல் கரைசல்களுக்கும் வெப்பநிலை, மின்னழுத்தம், மின்னோட்ட அடர்த்தி முதலியன கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3-7.

இயக்க நிலைகள் (Operating conditions)	நிக்கல் கரைசல்	
	குளிர் (cold) வெப்பநிலை	வெதுவெதுப்பான (warm) வெப்பநிலை
1. கரைசல்		
நிக்கல் சல்பேட்டு	100 கிராம்	180-240 கிராம்
அம்மோனியம் குளோரைடு	12 கிராம்	—
நிக்கல் குளோரைடு	—	36 கிராம்
போரிக் அமிலம்	12 கிராம்	24 கிராம்
நீர்	1 லிட்டர்	1 லிட்டர்
2. வெப்பநிலை	20°—30°C	40°—65° C
3. மின்னழுத்தம்	1—2 V	$2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$ V
4. மின்னோட்ட அடர்த்தி	10—20 A/சமீ.	250—500 A/ச.மீ.

நேர்மின்வாய்த் தகடு : பரிசுத்தமான நிக்கலையே மேற்குறித்த இரண்டு கரைசலுக்கும் பயன்படுத்துவர்.

தொட்டி : நல்ல ரக இரப்பர் அல்லது பிளாஸ்டிக்கால் உட்புறமிடப்பட்ட, ஒரு பற்றவைத்த எஃகு தொட்டியைப் பயன்படுத்தலாம். உட்புறம் முதலில் வெள்ளீயத்தாலும், பிறகு துணைவலுப் பொருளாகிய (reinforced) கண்ணாடியாலும் பூசப்பட்ட ஒரு மரத்தொட்டியையும் பயன்படுத்தலாம்.

சூடு நிலைப்புக் கட்டுப்பாட்டுடன் இயங்கும் அமிழ்நீர்ச் சூடேற்றிகள் இத் தொட்டியில் பொருத்தப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

கரைசலை வடிகட்டுவதற்கும், கிளறச் செய்வதற்குமான அமைப்புகள் இதில் இருத்தல் வேண்டும்.

சாதனங்கள் (Equipments)

(1) சரியான உட்புறப் பூச்சுக் கொடுக்கப்பட்ட தொட்டி, (2) சூடுநிலைக் கட்டுப்பாட்டுடன் இயங்கும் அமிழ்நீர்ச் சூடேற்றிகள், (3) காற்று-நீர்-அலம்பியுடன் அமைந்த காற்று-கலக்கக் கருவி (air agitation equipment with air water washer), (4) வடிகட்டும் இறைப்பி (filtration pump), (5) அழுக்குகளை அகற்றும் சாதனம், (6) போதுமான மின்திறன் கொண்ட 6 வோல்ட் நேர்மின்னோட்டத் தருவி.

பயன்கள் : பொருள்கள் தோற்றப் பொலிவுடன் இருப்பதோடு மட்டுமல்லாமல், துருப்பிடிக்காதவாறு அல்லது அரித்தலின்றியிருக்க, நிக்கல் முலாம், இரும்பு, எஃகு, தாமிரம், தாமிரக் கலவைகள் போன்றவற்றிற்குப் பூசப்படுகின்றது.

உணவு சமைக்கப்படும் சாதனங்களுக்கும் (food processing kettle), காகித ஆலை உருள்கள் (paper mill rolls) போன்றவற்றிற்கும் கனமான நிக்கல் பூச்சுக் கொடுப்பர்.

3-9·5. துத்தநாக முலாம் பூசுதல் (Zinc plating)

இதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் கரைசல் இருவகையானது. ஒன்று அமிலக்கரைசல், மற்றொன்று சயனைடுக் கரைசல். அமிலக் கரைசலில் ஒரு லிட்டர் நீர், 300 கிராம் துத்தநாக சல்பேட்டு, 13 கிராம் சாதாரண உப்பு (common salt), 20 கிராம் போரிக் அமிலம் (boric acid), 26 கிராம் அலுமினிய சல்பேட்டு, 13 கிராம் டெக்ஸ்ட்ரின் (dextrine) ஆகியவை அடங்கியுள்ளன. திட்டமான வெப்பநிலையில், இந்தக் கரைசலில் மின்னழுத்த வேறுபாடு 2 முதல் 2·5 வோல்ட் வரை கொடுத்தால், மின்னோட்ட அடர்த்தி சுமார் 100 ஆம்பியர்கள்/ச.மீ. ஆகும்.

ஆனால் சயனைடுக் கரைசலில் ஒரு லிட்டர் நீரும், 100 கிராம் சோடியம் சயனைடு, 40 கிராம் துத்தநாக ஆக்ஸைடு (80% Zn), 9·5 கிராம் சோடியம் கார்பனேட்டு, 3 கிராம் சோடாக் காரம், 12·5 கிராம் பொட்டாஷ் படிகாரம் (potash alum) ஆகியவை கலந்திருக்கும். கரைசலின் வெப்பநிலை 30°C முதல் 40°C வரை இருக்கும்.

மின்னோட்ட அடர்த்தி 200 முதல் 400 ஆம்பியர்கள்/ச.மீ. வரை இருக்கும்.

தொட்டி: பற்றவைக்கப்பட்ட எஃகு தொட்டியைப் பயன்படுத்தலாம். பிளாஸ்டிக் அல்லது இரப்பர் உட்புறமிடப்பட்ட தொட்டியைப் பெரிய தொழிற்சாலைகளுக்குப் பயன்படுத்துவர்.

நேர்மின்வாய்த் தகடுகள் : மிகவும் தூய்மையான துத்தநாகத் தகடுகளை நேர்மின்வாயாகப் பயன்படுத்துவர். துத்தநாகப் பூச்சின் பளபளப்பு பயன்படுத்தப்பட்ட கரைசல், துத்தநாக நேர் மின்வாய் ஆகியவற்றின் தூய்மை இவற்றைப் பொறுத்திருக்கும்.

முலாம் பூசியபின் செய்யவேண்டிய வேலை

முலாம் பூசப்பட்ட பொருளை வெளியே எடுத்து, அதனை நேர்த்தியான பச்சையுடன் கூடிய மஞ்சள் நிற (greenish yellow) படலத்தைத் தடவி வைப்பர். இதனை நீர்த்த நைட்ரிக் அமிலத்தில் தோய்த்து நீக்கலாம்.

பூச்சுக் கொடுக்கப்பட்ட பொருளைத் தூய்மையான குளிர்ந்த நீரால் நன்கு அலம்பி, பொருளின்மீது படிந்திருக்கும் சிறிதளவு கரைசலும் இல்லாதவாறு தூய்மையாக்க வேண்டும். பிறகு இதனை 2 அல்லது 4 விநாடிகள் அமிலத்தில் மூழ்க வைப்பர். அதிலிருந்து வெளியே எடுத்துத் தூய்மையான குளிர்ந்த நீரால் அலம்பி (swilled), பின்புகொதிநீரால் இலேசாகக் கழுவி (rinsed), சூடான காற்றினால் உலர வைப்பர்.

பயன்கள் : இரும்பு, எஃகு துருப்பிடிக்காமல் தடுக்கத் துத்தநாகப் பூச்சுப் பூசும் முறை (galvanising process) கடந்த இரண்டு நூற்றாண்டுகளாக வழக்கத்திலிருந்து வருகிறது. இரும்பு துருப்பிடிக்காமல் தடுக்கப் பயன்படும் பூச்சுகளில் துத்தநாகப் பூச்சு சிறந்தது.

3-3·6. குரோமிய முலாம் பூசுதல் (Chromium plating)

இதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் கரைசலில் ஒரு லிட்டர் நீரும், 180 முதல் 300 கிராம் வரை குரோமிக் அமிலமும், 2 முதல் 3 கிராம் வரை கந்தக அமிலமும் அடங்கியுள்ளன. கரைசலின் வெப்பநிலை 40°C முதல் 70°C வரை இருக்கும்.

நேர்மின்வாய்த் தகடுகள் : ஒரு 7 விழுக்காடு தகர வெள்ளீயக் கலவை (tin-lead alloy) நேர்மின்வாயாகப் பயன்படுத்தப்படு

கிறது. இது ஒரு நேர்மின்வாய்த் தகடாக இருப்பதோடு மட்டு மல்லாமல், கரைசலை மாருச் செறிவு நிலையில் இருக்கச் செய்கிறது. மின்பகுப்பின்போது, குரோமியக் குரோமேட் எதிர்மின்வாய்த் தகட்டின் மேற்பரப்பில் நிலையாகப் படிந்து கொண்டே இருக்கிறது. இவற்றின் சேர்க்கை கரைசலில் செறிவுக் குறைவை உண்டாக்கு கிறது. ஆகவே, இவற்றை மீண்டும் ஆக்ஸிகரணம் செய்து குரோமிக் அமிலத்தை உண்டாக்க வேண்டும். இச் செய்கை, நேர்மின்வாய்த் தகட்டில் அதன் மேற்பரப்பில் வெள்ளீய-பெர் ஆக்ஸைடு என்ற சாக்லேட்-பழுப்பு வண்ணப் படலம் படிந்திருப்ப தால் உடனிகழ்வாக (simultaneously) ஏற்படுகிறது. மின்னாற் பகுப்பின்போது இப் படலம் நேர்மின்வாய்த் தகட்டின்மீது தொடர்ந்து படிந்திருத்தல் அவசியமாகிறது.

தொட்டி : உட்புறம் வெள்ளீயத்தால் முதலில் பூசப்பட்டு, பின்பு துணைவலுப் பொருளாகிய கண்ணாடியாலும் தடவப்பட்டு, அமைந்த பற்றவைத்த எஃகு தொட்டியைப் பயன்படுத்தலாம். சரியான பிளாஸ்டிக்கினால் உட்புறம் பூசப்பட்ட தொட்டியையும் பயன்படுத்தலாம். இந்தத் தொட்டியைச் சுற்றி வெளிப்புறத்தில் மற்றொரு தொட்டி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவற்றிற்கு இடையே யுள்ள இடைவெளி நீரால் நிரப்பப்படுகிறது. இந்த நீரை வேண்டிய வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கச் சூடு நிலைப்புக் கட்டுப்பாட் டுடன் பொருத்தப்பட்ட அமிழ்நீர்ச் சூடேற்றிகள் தேவை.

மின்னழுத்தம் : இரு மின்வாய்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 180 மி. மீட்டராகவும், வெப்ப நிலையை 37-38°C-க்கும் வைத்துக் கொண்டு, வழங்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தம் சுமார் 4 வோல்ட்டு ஆகும். புகை வெளியேற்றுவதற்கேற்ற சரியான திறன் வலிமை கொண்ட வெளியேற்றும் மின்விசிறி (exhaust fan) தேவை.

பயன்கள் : மின் உலோகவியல் சரித்திரத்திலே குரோமியப் பூச்சைப்போல் வேறெந்தப் பூச்சும் அவ்வளவு பயன் நிறைந்த தாகத் தெரியவில்லை. இதற்குரிய முக்கிய குணங்களாவன :

(1) துருப்பிடித்து வீணாக்குவதைத் தடுத்தல்.

(2) இப் பூச்சு மிகப் பளபளப்பாயிருக்கும். எனவே, அணி அலங்காரங்களுக்குப் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

(3) இதனுடைய பூச்சு மிகுதியான கடினத்தன்மை வாய்ந்தது.

வீட்டில் உள்ள உலோகப் பாத்திரங்கள், கண்ணுடிச் சட்டம், தானியங்கி இயந்திரங்களின் பாகங்கள் போன்றவற்றிற்குக் குரோமிய முலாம் கொடுக்கப்படுகிறது. மேலும் கறை பிடிக்காது. அழுக்கு, தூசி படிந்தாலும், மிருதுவான துடைப்பான் (soft duster) கொண்டு அவற்றைத் துடைத்துத் தூய்மையாக்கலாம். நிக்கல் பூச்சுக்குத் தேவையான உராய்வுப்பொருள் (abrasive) இங்குத் தேவையில்லை. எடுத்துக்காட்டாகக் குழாயை (taps) எடுத்துக்கொள்வோம். அதனைக் குரோமிய முலாம் பூசுவதன் மூலம் பளபளப்பாக்கினுல் அது நீடித்து உழைக்க வல்லது.

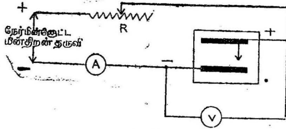
இரப்பர்ப் பொருள்களைத் தயாரிக்கத் தேவைப்படும் வார்ப்பு அச்சுகளுக்குக் (moulds) குரோமிய முலாம் பூசினுல், கந்தகம் போன்ற வேதியப் பொருள்களுடன் வினைப்படாது, நிலைத்திருந்து இரப்பரைக் கடினமாக்க (vulcanisation) உதவுகிறது. அதேபோல் அதிக அளவில் கண்ணுடிக்குடுவைகள் உற்பத்தி செய்யப் பயன்படும் எஃகு வார்ப்பச்சுகளுக்குக் குரோமியப் பூச்சுக் கொடுத்தால் நீடித்து உழைக்கும்.

3-10. மின்பகுப்பு முறைக்கான மின்திறன் தருவி (Power Supply for Electrolytic Process)

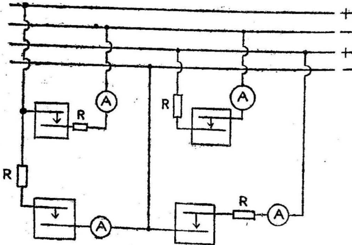
மின்பகுப்பு முறைக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின்திறன் தருவியின் அமைப்பு ஒரு குறைந்த மின்னழுத்தமுடைய நேர் மின்னேட்டமாகும்(low voltage D. C.). மின்முறைப் படிவங்களுக்கு (electro deposition) தேவையான மின்திறனின் அளவு மிகக் குறைவானது (சுமார் 10 அல்லது 12 வோல்ட்டுக்குட்பட்ட மின்னழுத்தமும், 100 அல்லது 200 ஆம்பியர்கள் மின்னேட்டமும் உடையவை). இவற்றைக் கீழ்க்கண்ட முறைகளில் பெறலாம்.

(1) மோட்டார்-ஜெனரேட்டர் கூட்டினை (motor generator set) மாறுதிசை மின்னேட்டத் தூண்டு மோட்டாருடன் (A. C. induction motor) இணைக்கப்பட்ட குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் அதிக மின்னேட்ட வலிமை கொண்ட நேர்மின்னேட்ட ஜெனரேட்டரைக் (generator) கொண்டு, பெரும்பான்மையான இடங்களில் இத் தன்மையான மின் திறனைப் பெறுவர். மிகுந்த மின்னேட்ட வலிமையைத் தருவதால், மின்னுக்கி திசை மாற்றியின் (commutator) உருவளவு (size) மிகப் பெரியதாகவும், பிரசுகள் (brushes) குறைந்த மின்தடை கொண்ட தாமிரப் படிகக் கரியினுல் (copper graphite) ஆனதாகவும் இருக்க வேண்டும். அதிக மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை ஒழுங்குபடுத்த (high voltage

regulation) வேண்டியிருப்பதால், தற்கிளர்வு மோட்டாரை (self excited motor) விடத் தனிக்கிளர்வு மோட்டார் (separately excited motor) சிறந்தது. வெளிப்பாட்டு முனைகளில் கிடைக்கும் நேர் மின்னோட்ட மின்னழுத்தத்தை, புலமின் தடையைக் (field resistance) கொண்டு கட்டுப்படுத்தலாம். மின் முலாம் பூசப்பட வேண்டிய பெருந் தொட்டி (vat) ஒன்று மட்டும் இருந்தால் இம் முறையைப் படம் 3-10-ல் காட்டியபடி பயன்படுத்தலாம். பெருந் தொட்டிகள் ஒன்றிற்கு மேற்பட்டிருந்தால் படம் 3-11-ல் காட்டியது போல் அமைக்க வேண்டும்.



படம் 3-10.
ஒரு தொட்டியைத் தருவித் தலைகளுடன் (supply mains) இணைக்கும் முறை



படம் 3-11.
நான்கு தொட்டிகளைத் தருவித் தலைகளுடன் இணைக்கும் முறை.

(2) தாமிர ஆக்ஸைடு நிவர்த்திப்பான் (Copper Oxide Rectifier): உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைக் கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைத் தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றியின் (step down

transformer) மூலம் குறைந்த மின்னழுத்தத்திற்குக் கொணர்ந்து, பின்பு இந்தக் குறைவான மின்னழுத்தமுடைய மாறு திசை மின்னோட்டத்தைத் தாமிர ஆக்ஸைடு போன்ற உலோக நிவர்த்திப் பானைக்கொண்டு நேர் மின்னோட்டமாக்குவர். அசையும் பாகங்கள் இல்லாததனால் இவை அதிக ஒலியின்றி இயங்குபவை. இவற்றைக் கண்காணிக்கும் செலவு குறைவு. குறைந்த மின் சுமையுள்ளபோது இவற்றின் பயனுறு திறன் மிகவும் அதிகம். பொலிவு மிக்க குரோமிய முலாம் பூசுவதற்கு ஒற்றை நிலை நிவர்த்திப்பான் தருவி (single phase rectifier supply) பயன்படாது. எனவே, தகுந்த வடிகட்டும் சுற்றதர்களைக் (filter circuits) கொண்டு நிவர்த்திக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்தில் உள்ள நெளிந்த தாழ் அலைவெண் மின்னோட்டம் வடிகட்டப்பெற்றுச் சீராக்கப்படுகிறது. வெளிப்பாட்டு முனைகளில் கிடைக்கும் இப்படிப்பட்ட நேர் மின்னோட்ட (D.C.) மின்னழுத்தத்தை, தொடர்ச்சியாக மாறுபடும் ஒற்றைச் சுருள் மின்மாற்றியைக் (continuously variable auto transformer) கொண்டு கட்டுப்படுத்தலாம்.

(3) ஜெர்மானியம் (germanium) அல்லது சிலிகான் (silicon) டையோடுகளைக் (diodes) கொண்டும் மின் பகுப்பிற்கு வேண்டிய மின் திறனைப் பெறலாம்.

உலோகங்களைப் பிரித்தெடுத்தல், உலோகங்களைத் தூய்மையாக்கல் போன்ற பணிகளைத் தொடர்ச்சியாகச் செய்ய வேண்டி இருப்பதால் இப் பணிகளின் சுமைக் காரணி (load factor) கிட்டத்தட்ட 100 விழுக்காடு இருக்கும். இப்படிப்பட்ட சுமை கொண்ட ஆலைகளை, நீர்மின் நிலையங்களுக்கு (hydro-electric station) அருகில் அமைப்பர். ஏனெனில், உயர் சுமை காரணியின் பயன், அனல் மின் நிலையத்தைக் காட்டிலும், நீர் மின் நிலையத்தில் மிகுந்து காணப்படும். மேலும், மின் விசையைக் கடத்தும் முறையில் ஏற்படும் கடத்திகளுக்கான செலவைக் (transmission cost) குறைக்கலாம். மேட்டூர் நீர்-மின் நிலையத்திற்கு அருகில் அமைக்கப்பட்டுள்ள சென்னை அலுமினியம் கம்பெனி (Madras Aluminium Company—MALCO) இதற்கு ஒரு சான்றாக விளங்குகிறது.

வினாக்கள்

(1) அணுக்களின் உள்ளமைப்பைப் பற்றி விவரமாகக் கூறு.

(2) வெளிப்புறக் கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரானின் முக்கியத் துவத்தை விளக்கிக் கூறு.

(3) அயனிப் பிணைப்பையும், சமவலுப் பிணைப்பையும் தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளால் விளக்குக.

(4) அயனியாதல் என்றால் என்ன ?

(5) உலோகங்களிலும், மின்பகு கரைசல்களிலும் மின்னோட்டம் எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்பதனை விளக்குக.

(6) மின்முலாம் பூசுவதின் தத்துவத்தைப் பற்றிச் சுருக்கமாக விவரிக்கவும்.

(7) மின் பகுப்பு விதிகளைக் கூறி அவற்றிற்கான விளக்கத்தைப் பற்றியும் குறிப்பிடுக.

(8) தொழிலியலில் மின்பகுப்பின் பயன்களைப் பற்றி விவரிக்கவும்.

(9) கீழ்க்கண்டவற்றிற்குக் குறிப்பு எழுதுக.
(அ) தள வினைவு, (ஆ) வீச்சுத்திறன்,
(இ) அனோடைசிங், (ஈ) சேர்ப்பு இயக்கிகள்.

(10) மின்னோட்டப் பயனுறுதிறன், மின்னாற்றலின் பயனுறுதிறன் இவற்றிற்கு வரைவிலக்கணங்கள் கூறுக.

(11) மின்பகு கரைசலைத் தயாரிக்கும்பொழுது கவனிக்க வேண்டிய முக்கியமான காரணக் கூறுகளைப் பற்றிக் குறிப்பிடுக.

(12) படிவங்களின் பண்புகளைப் பற்றிய காரணக் கூறுகள் யாவை?

(13) மின் முலாம் பூசுவதற்கு வேண்டிய தயாரிப்பு வேலையைப் பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறுக.

(14) நல்ல தன்மையுள்ள மின் முலாம் பூச்சுக் கிடைக்க எடுத்துக் கொள்ள வேண்டிய முன்னெச்சரிக்கைகளைப் பற்றிக் குறிப்பிடுக.

(15) மின்பகு தொட்டிகளின் அமைப்பைப் பற்றியும், மின்பகு கரைசல் தயாரிக்கும் முறையைப் பற்றியும் சுருக்கமாகக் கூறுக.

(16) கீழ்க்கண்ட முலாம் பூசும் பொருள்களின் தனிப்பட்ட சிறப்புகளைப் பற்றிக் கூறுக.

(அ) தாமிர மின்முலாம், (ஆ) வெள்ளி மின்முலாம்,

(இ) நிக்கல் மின்முலாம். (ஈ) குரோமியம் மின்முலாம்.

(17) 4 வோல்ட் மின்னழுத்தமும், 250 ஆம்பியர் மின்னோட்டமும் கொண்ட 4 நிக்கல் முலாம் பூசும் தொட்டிகளை அமைப்பதற்கான மின்திறன் தருவியின் இடநிலை விளக்க வரைபடம் (flow diagram) வரைந்து இவற்றில் பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்களின் செயல் வினைகளைப் பற்றிக் குறிப்பிடுக.

(18) மின்முலாம் பூசுவதற்கான ஏதேனும் ஒரு மின்திறனின் அமைப்பை விளக்கி, அதில் மின்னோட்டத்தை எப்படிக் கட்டுப்படுத்தலாம் என்பதனை விளக்குக.

பயிற்சிகள்

(1) ஒரு செவ்வகத் தகட்டின் நீளம் 20 செமீ. அதன் அகலம் 12·5 செமீ. இதனுடைய மேற்பரப்புக்கு 0·08 மிமீ. கனம் நிக்கல் முலாம் பூசத் தேவைப்படும் மின்சாரத்தின் அளவினையும், முலாம் பூச எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தினையும் கண்டுபிடி. பயன்படுத்தப்படும் மின்னோட்ட அடர்த்தி 8 ஆம்பியர்கள்/ச. மீட்டர் என்றும், மின்னோட்டப் பயனுறுதிறன் 90% என்றும், நிக்கலின் அடர்த்தி எண் 8·8 கிராம்/க.செமீ. எனவும், மின்வேதிய இணைமாற்று 0·3040 கிராம்/கிலோ கூலம் எனவும் கொள்க.

[விடை : 0·2 ஆம்பியர் 178·7 மணிகள்]

(2) ஒரு தாமிரத்தைத் தூய்மைப்படுத்தும் ஆலையில் 400 மின் கலத்திலிருந்து 6000 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். ஒரு மின்கலத்தின் மின்னழுத்தம் 0·25 வோல்ட்டாகும். இந்தச் சாதனம் ஒரு வாரத்திற்கு 45 மணி வீதம் வேலை செய்தால், ஒரு மெட்ரிக் டன்னுக்குச் செலவழிக்கப்படும் மின்னாற்றலைக் கண்டுபிடி. தாமிரத்தின் மின்வேதிய எண் 0·3281 மி.கி/கூலம் எனக் கொள்க.

[விடை : 213·5 கிலோ வாட் மணிகள்]

(3) 96,500 கூலம்கள் அளவுள்ள மின்சாரம் ஒரு கிராம் இணை மாற்று எடையை வெளியேற்றுகிறதென்றால், பொட்டாசியம் தங்க சயனைடுக் கரைசலிலிருந்து 2 கிராம் தங்கத்தை வெளிப்படுத்த எவ்வளவு நேரமாகும்? செலுத்தப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் அளவு 10 ஆம்பியர்கள் எனவும், தங்கத்தின் வேதிய இணைமாற்று 66·4 எனவும் கொள்க.

[விடை : 4 நிமிடம் 54 விநாடி.]

(4) ஒரு மின் கலத்திலிருந்து சராசரி 5000 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். இந்த மின்கலத்தைக் கொண்டு ஒரு வாரத்திற்கு 100 மணி வீதம் வேலை செய்து அலுமினியம் ஆக்ஸைடிலிருந்து அலுமினியத்தை மின்னாற் பகுப்பு முறையில் வெளிப்படுத்தினால்; எவ்வளவு அலுமினியம் ஓர் ஆண்டில் கிடைக்கும்? அலுமினியத்தின் இணைதிறன் 3. அதனுடைய அணுஎடை 27. மின்னோட்டத் திறன் 90% எனக் கொள். இந்தக் கலத்தின் மின்னழுத்தம் 6 வோல்ட் என்றால், ஒரு டன் அலுமினியத்தை உண்டுபண்ண எவ்வளவு செலவாகும்? ஒரு யூனிட்டு மின்னாற்றலின் விலை 10 பைசா எனக் கொள்க. வெள்ளியின் மின்வேதிய இணைமாற்று 0·00111 கிராம்/கூலம்.

[விடை : 7800 கிலோ கிராம். ரூ. 2000/டன்னி]

(5) வெள்ளியின் மின்வேதிய இணைமாற்று 0·001118 கிராம்/கூலம். திட்ட வெப்பநிலை அழுத்தத்தில் இதனுடைய அடர்த்தி எண் 10·5 கிராம்/க.செமீ. ஓர் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ கூலம் என்றால், ஒரு கன சென்டி மீட்டர் வெள்ளியில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

[விடை : $5{\cdot}872 \times 10^{22}$ அணுக்கள்]

(6) 500 சதுர சென்டி மீட்டர் மொத்தப் பரப்பளவு கொண்ட ஓர் உலோகத்தின்மீது, 50 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தினைக் கொண்டு, 1 மில்லி மீட்டர் கனமுள்ள நிக்கல் முலாம் பூச எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தினைக் கணக்கிடுக. நிக்கலின் ஒப்படர்த்தி எண் 8·9. நிக்கலின் மின்வேதிய இணைமாற்று 0·3041 கிராம்/கூலம்.

(சென்னைப் பல்கலைக் கழகம் B.E. செப்டம்பர் 1967]

[விடை : 8 மணி, 8 நிமிடம்]

(7) 20 செமீ ஆரமுள்ள ஒரு கோளத்தின்மீது 0·2 மிமீ கனம் வெள்ளிப்பூச்சுக் கொடுக்கத் தேவையான மின்சாரத்தின் அளவினை ஆம்பியர்-மணிகள் அலகினுல் கணக்கிடுக. வெள்ளியின் மின்வேதிய எண் 0·001118. வெள்ளியின் அடர்த்தி எண் 19·5 கிராம்/க.செமீ. மின்னுற்றலின் பயனுறுதிறன் 95% எனக் கொள்க.

[விடை : 276·56 ஆம்பியர் மணிகள்]

(8) தாமிர உப்புக் கரைசலை மின்பகு கரைசலாகக் கொண்ட ஒரு மின்கலம் ஒரு மணி நேரத்தில் 0·9 கிலோகிராம் தாமிரத்தை வெளிப்படுத்த எடுத்துக்கொண்ட உள்ளீட்டுத் திறன் 5 கிலோ வாட்டுகள். மொத்த மின்வாய் மின்னழுத்தம் = 0·5 வோல்ட்டு. மின்பகு கரைசலின் தடை = 0·002 ஓம். தாமிரத்தின் மின்வேதிய இணைமாற்று = 0·658 மில்லி கிராம்/கூலம். மேற்குறித்த விவரங்களைக் கொண்டு மின்னோட்டப் பயனுறுதிறனைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

[விடை : 95%]

(9) சிறிதளவு அமிலம் கலந்த நீரை மின்முறி கலத்தில் (voltameter) எடுத்துக்கொண்டு ஒரு கூலம் மின்சாரத்தைச் செலுத்தினுல், திட்ட வெப்பநிலை அழுத்தத்தில் 0·1156 க.செமீ. ஹைட்ரஜனை வெளியேற்றுகிறது. ஹைட்ரஜன் அயனியின் மின்னூட்டம் $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ கூலம் என வைத்துக் கொண்டால், திட்ட வெப்பநிலை அழுத்தத்தில் 1 க.செமீ. ஹைட்ரஜனில் உள்ள மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

[விடை : $2{\cdot}704 \times 10^{19}$]

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை-600031



தமிழில் பயில்பவர்க்குக் கல்லூரிப் பாடநூல்கள்
(Tamil Medium Books for Colleges)

இதுவரை 606 நூல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன



மேலும் விரைவில் வெளிவருபவை

பொறியியல்	—	4[illegible]	நூல்கள்
சட்டம்	—	19	,,
மருத்துவம்	—	9	,,
இயற்பியல்	—	27	,,
வேதியியல்	—	21	,,
தாவரவியல்	—	17	,,
விலங்கியல்	—	7	,,
கணிதம்	—	19	,,
வணிகவியல்	—	30	,,
பொருளாதாரம்	—	21	,,
புவியியல்	—	12	,,
வரலாறு	—	36	,,
மனையியல்	—	2	,,
தத்துவம்	—	5	,,
உளவியல்	—	4	,,
புள்ளியியல்	—	2	,,
கல்வி	—	3	,,
நிலப் பொதியியல்	—	3	,,
அரசியல்	—	25	,,